DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang. 15. April 1921. Heft 15.

Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane.

Von Bruno Schulz, Hamburg.

Die Frage nach der Geschichte der Kontinente und Ozeane im Laufe der geologischen Zeiträume ist ein außerordentlich umstrittenes Problem. Aus den vielen dasselbe betreffenden Einzelarbeiten beginnt sich das eine als anerkannte Tatsache herauszubilden, daß die Kontinente seit präkambrischer Zeit nur von flachen Meeren, nie von der Tiefsee bedeckt, also stets Hochgebiete gewesen sind und ebenso die Ozeane wenigstens größtenteils stets Tiefgebiete der Erde. Diese Permanenz der Kontinente und Ozeane wird etwas dadurch eingeschränkt, daß geologische, insbesondere paläontologische Tatsachen zu der Annahme zwingen, daß Teile der Kontinentalblöcke miteinander durch Brückenkontinente verbunden gewesen sind, neben anderen ist dies besonders bei Nordamerika und Europa der Fall, zwischen denen die hypothetische Nordatlantis die Verbindung hergestellt haben soll. Die Annahme derartiger Brückenkontinente, deren Versinken unserer Vorstellung große Schwierigkeiten bereitet und im Widerspruch mit geophysikalischen Tatsachen steht, umgeht die neue von *Alfred Wegener* aufgestellte Verschiebungstheorie, die 1912 zuerst veröffentlicht wurde (1) und kürzlich in der zweiten Auflage eines 1915 erschienenen Buches erweitert und eingehender begründet worden ist (2).

Die Entwicklung der Kontinente und Ozeane erfolgte nach dieser Theorie kurz folgendermaßen: Während ihres ursprünglich flüssigen Zustandes ordnete sich das die Erde zusammensetzende Material annähernd nach dem spezifischen Gewichte, die leichtesten Stoffe bildeten die äußerste, zuerst erstarrende Kruste, die schwereren Materialien lagerten sich darunter[1]). Diese erste Erstarrungskruste wurde durch uns des näheren unbekannte Kräfte vielfach gefaltet und zusammengeschoben. Diesem entsprach an anderen Stellen ein Aufreißen, wodurch die schwereren Simamassen entblößt wurden und sich also der Gegensatz zwischen den hoch gelegenen, im Sima schwimmenden Sialschollen und den in den Tiefen zutage tretenden Simaschichten herausbildete. Durch die vielen Gebirgsfaltungen im Laufe der Erdgeschichte wurde die Mächtigkeit der Sialschichten fortgesetzt vergrößert, ihre Oberfläche ständig vermindert, sie bedecken heute nur noch weniger als ein Drittel der Erdoberfläche. *Dieser Prozeß ist heute noch nicht abgeschlossen,* auch jetzt noch sind die Kontinentalschollen in horizontaler Bewegung unter Faltungserscheinungen, worauf die Gestalt der Kontinente und Inseln sowie auch geologische und paläontologische Befunde und weiterhin Veränderungen der geographischen Länge und Breite einiger Orte deuten.

Diese im obigen kurz umrissene Theorie rüttelt an den Grundanschauungen der beteiligten Wissenschaften, und zwar in zwei Punkten, erstens durch die Annahme, daß Kontinente und Tiefseeböden aus verschiedenem Material bestehen und die ersteren im Sima gewissermaßen schwimmen, sowie zweitens, daß die Kontinentalblöcke im Laufe der geologischen Zeitalter große horizontale Wege zurückgelegt haben. Betrachten wir die hauptsächlichsten der hierfür beigebrachten Beweise etwas näher.

Sehen wir bei der Oberflächengestalt der Erde von der reichen Fülle der Kleinformen, insbesondere des Festlandes ab, so treten uns als Großformen die Festlandsblöcke und Tiefseebecken entgegen. Zu den ersteren pflegt man das sie umsäumende bis etwa 200 m Tiefe reichende Gebiet, den sog. Schelf, noch hinzuzurechnen, da der Meeresboden außerhalb meist der 200-m-Tiefenlinie, zuweilen aber auch schon in geringerer oder erst in größerer Tiefe schneller als vorher absinkt. Tun wir dies, so gehören etwa 35 % der Erdoberfläche den Festlandsmassen an, dem Tiefseeboden 56 % und dem diese beiden Gebiete verbindenden Kontinentalabhang (von 200—2400 m Tiefe) weniger als 9 %. Sondern wir auch noch die Kulminationsgebiete der Erde mit über 1000 m Erhebung und die Depressionsgebiete mit Tiefen unter 5500 m aus, so tritt, wie folgende Tabelle und auch Fig. 1 nach *H. Wagner* zeigen, der Gegensatz zwischen der Kontinentaltafel (von 1000 m bis — 200 m) und der Tiefseetafel (von — 2400 m bis — 5500 m) noch schärfer hervor:

(Tabelle siehe nächste Seite.)

Die beiden Großformen der Erdoberfläche, die über ein Viertel der Erde bedeckende Kontinentaltafel mit der mittleren Höhe von 250 m und die über die Hälfte der Erde bedeckende

[1]) Die oberflächliche dünne Schicht, die Lithosphäre, wurde von *E. Süß* als das *Sal* bezeichnet, nach den in der uns zugänglichen Erdkruste hauptsächlich vorkommenden Elementen *Si*licium und *Al*uminium (*Wegener* schlägt hier die Änderung in *Sial* vor), die tieferen Schichten der Erdkruste, die Barysphäre, dagegen als *Sima* nach *Si*licium und *Ma*gnesium, das dort das an Verbreitung zurücktretende Aluminium ersetzt.

	Mittelhöhe m	Fläche Milliqkm		
Kulminationsgebiet (über 1000 m Höhe)	+ 2150	40	7,8 %	34,9
Kontinentaltafel (v. 1000 m Höhe bis 200 m Tiefe)	+ 250	138	27,1 %	
Kontinentalabhang (von 200 bis 2400 m Tiefe)	− 1200	44	8,6 %	
Tiefseetafel (von 2400 bis 5500 m Tiefe)	− 4300	267	52,3 %	56,4
Depressionsgebiet (unter 5500 m Tiefe)	− 6000	21	4,1 %	
Feste Erdkruste	− 2400	510	100 %	

Tiefseetafel von der mittleren Tiefe von 4300 m, stehen einander gegenüber! Das Überwiegen von

lung der Tiefseebecken mit Wasser ergebende Massendefekt durch einen Massenüberschuß unterhalb des Tiefseebodens ausgeglichen wird. Man hat angenommen, daß die die Erde bedeckende Lithosphäre unter den Ozeanen eine geringere Mächtigkeit hat und das schwerere Magma näher an die Oberfläche heran reicht als unter den Kontinenten, wodurch sich zwar die an der Erdoberfläche beobachteten Schwereverhältnisse erklären, das Problem der Höhenverteilung aber ungelöst bleibt. Die Wegenersche Hypothese der Entstehung der Ozeane und Kontinente sucht nun beide Probleme zugleich durch die Annahme zu lösen, daß die Tiefseeböden nicht Teile der Lithosphäre, des Sials, sind, sondern bereits aus dem schwereren Material der Barysphäre, dem Sima, bestehen und die leichteren Festlandsmassen in dem schwereren Sima wie

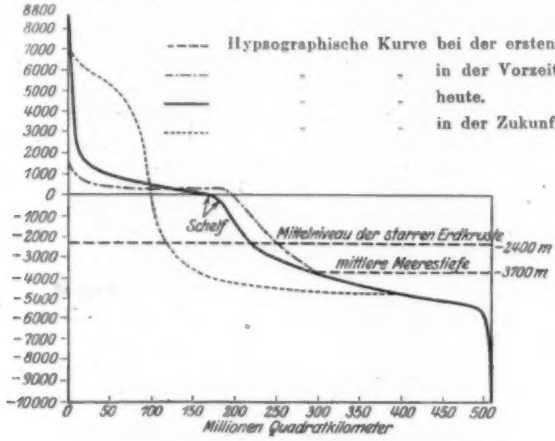


Fig. 1. Hypsographische Kurve der festen Erdrinde. (Die Flächenangaben gelten nur für die heutige hypsographische Kurve.)

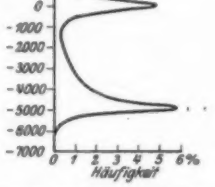


Fig. 2. Die beiden Häufigkeitsmaxima der Höhen nach *A. Wegener*.

zwei Höhenstufen in der festen Erdkruste wird noch deutlicher, wenn wir die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Höhenstufen von 100 m Mächtigkeit untersuchen. Es ergibt sich die in Fig. 2 dargestellte prozentische Verteilung. Zwei Häufigkeitsmaxima der Höhen sind vorhanden, und zwar liegen sie in etwa 100 m Höhe und 4700 m Tiefe. Wodurch ist diese eigenartige Lagerung der Massen der festen Erdkruste bedingt? Die Frage gewinnt noch an Interesse, wenn wir die Ergebnisse der Schweremessungen mit in den Kreis der Betrachtungen ziehen. Auf den Ozeanen ausgeführte Beobachtungen haben nämlich ergeben, daß trotz der mächtigen, spezifisch leichten ozeanischen Wassermassen die durch die Erde ausgeübte Anziehung die gleiche ist wie in gleicher Höhe über den Kontinenten. Dies ist nur dadurch möglich, daß zwischen kontinentalen und ozeanischen Gebieten Druckgleichgewicht „Isostasie" herrscht, also der sich durch Ausfül-

Eisflächen im Wasser schwimmen. Hierdurch würde sich allerdings die Isostasie wie auch das festgestellte auffällige doppelte Häufigkeitsmaximum ungezwungen erklären.

Wenn die spezifischen Gewichte des Sial und des Sima bekannt sind, ist man sogar in der Lage, die Mächtigkeit der Kontinentalschollen zu berechnen. Hierbei muß man sich vergegenwärtigen, daß die uns am häufigsten entgegentretenden Sedimente wie Sandsteine, Kalke, Tone usw. ihrer Masse nach für die Zusammensetzung der Festlandsblöcke nur eine verhältnismäßig untergeordnete Rolle spielen. Die Sedimentdecke, welche durch die genannten Gesteine gebildet wird, hat nur die vergleichsweise geringe Mächtigkeit von Null bis etwa 10 km. Unter ihr und an vielen Stellen der Erde auf weiten Flächen der Festlandmasse zutage tretend befinden sich die archaischen Gesteine, deren Hauptvertreter der Gneis ist, sie sind an Kieselsäure verhältnismäßig

reich. In größeren Tiefen, aus denen wir durch aufsteigende Eruptionsmassen Kenntnis haben, überwiegen weniger saure Gesteine, Vertreter des „Sima". Für das spezifische Gewicht der sauren sialischen Gesteine gibt *E. Kayser* die Werte 2,3 bis 2,7, der basischen simischen Gesteine 2,7—3,2 an. *Wegener* nimmt bei seinen Betrachtungen für die gesamten Sialschollen das höhere mittlere spezifische Gewicht 2,8 an, da die untersuchten Proben der Erdoberfläche entstammen und eine Zunahme des spezifischen Gewichts mit der Tiefe anzunehmen ist, für die in gleicher Höhe mit den Kontinentalschollen unter den Ozeanen befindlichen Simaschichten dagegen das verhältnismäßig niedrige mittlere spezifische Gewicht von 2,9, weil die uns zugänglichen simischen Gesteine großen Tiefen, nämlich der Unterseite der Kontinentalblöcke, entstammen dürften, für die größere spezifische Gewichte als für die in gleicher Tiefe mit den Kontinentalschollen gelegenen Simaschichten anzunehmen ist. Für größere hier nicht in Betracht kommende Tiefen wird, wie in den Kontinentalschollen, eine Zunahme der Dichte anzunehmen sein, da aus der Diskussion der Erdbebenbeobachtungen für den etwa 1500 km mächtigen Silikatmantel der Erde eine mittlere Dichte von 3,4 folgt. Bei Benutzung der von *Wegener* angenommenen Werte ergibt sich für die Mächtigkeit der sialischen Kontinentalmassen bei Erfüllung der Bedingung des Druckgleichgewichts im Niveau der Unterseite des Sials ein Wert von 91 km. Dies Ergebnis ist naturgemäß sehr unsicher, da es völlig von den zugrunde gelegten spezifischen Gewichten abhängt (nimmt man z. B. für das Sima statt 2,9 den Wert 3,0, so ergibt sich eine Mächtigkeit des Sials von 48 km). Der Wert 91 km stimmt der Größenordnung nach vortrefflich mit den auf anderem Wege gewonnenen Vorstellungen überein, indem *Hayford* aus Lotabweichungen für die Tiefe der Ausgleichsfläche des Drucks, die der Tiefe des unteren Randes der Kontinentalmassen entsprechen würde, 114 km fand und *Helmert* auf ähnliche Weise 120 km, *Wiechert* errechnete aus Eigenschwingungen der Lithosphäre deren Mächtigkeit zu weniger als 100 km. Da die Bedingung des isostatischen Gleichgewichts für die Hochländer größere, für die Schelfgebiete kleinere Mächtigkeitswerte verlangt, dürften die von *Wegener* angegebenen ungefähren Grenzwerte für die Mächtigkeit der Kontinentalmassen von 50 und 200 km wohl das Richtige treffen.

Da das Sial ursprünglich die ganze Erde umzog, jetzt aber nur ein Drittel ihrer Oberfläche bedeckt, muß, wenn wir heute eine mittlere Mächtigkeit von 100 km annehmen, ihre Dicke einst etwa 30 km betragen haben. Die hypsographische Kurve bildete zu gleicher Zeit eine Horizontale (vgl. Fig. 1). Durch den Zusammenschub der sialischen Rinde verdickte sich diese, es traten Höhenunterschiede zwischen den Sialschollen und dem zutage tretenden Sima auf, die aber zunächst noch gering waren, die weitere Entwicklung ist durch den heutigen Zustand charakterisiert. In sehr fernen Zeiten werden nach der Verschiebungstheorie die Sialschollen durch fortgesetzten Zusammenschub weiterhin an Oberfläche ab-, aber an Mächtigkeit zunehmen, sie werden sich höher aus dem Sima, in dem sie schwimmen, emporheben, und die hypsographische Kurve wird etwa die Form haben wie durch die punktierte Linie der Fig. 1 dargestellt. Diese Veränderungen der hypsographischen Kurve stimmen, sowohl was die Abnahme der Landoberfläche wie die wachsende Steilheit des Kontinentalrandes betrifft, zu den jetzt herrschenden geologischen Anschauungen, die *W. Soergel* (3), ein Gegner der Verschiebungstheorie, folgendermaßen zusammenfaßt: „Im Gebiet der heutigen Ozeane müssen zu allen Zeiten die großen Sammelbecken gelegen haben, und zu allen Zeiten sind die heute bestehenden Kontinente eben Kontinente gewesen. Die Änderungen aber, die sich nachweislich vollzogen haben, zeigen uns deutlich die Tendenz, die das Verhältnis der ozeanischen zu den kontinentalen Räumen beherrscht. Nicht nur durch wiederholtes, einmal hier, einmal dort einsetzendes Zusammenfalten der Schichten hat die Fläche der Kontinente eine Verkleinerung erfahren, sie ist auch vermindert worden durch das Absinken größerer und kleinerer Schollen in ozeanische Tiefen. Denn diesem Verlust steht kein Gewinn gegenüber. Abgesehen von vier ganz beschränkten Vorkommen von tertiären Tiefseebildungen auf Inseln am heutigen Kontinentalrand, kennen wir auf den Kontinenten keine Gebiete, die durch das Vorhandensein von Tiefseesedimenten ein Aufsteigen dieser Gebiete aus ozeanischen Tiefen verraten. Der Austausch ist ein vollkommen einseitiger, bei dem die Kontinente seit jeher nur verloren, die Ozeane nur gewonnen haben. — Und noch eine zweite, dieser ersten verknüpfte Tendenz beherrscht die Entwicklung des Erdreliefs: die zunehmende Steilerstellung des Kontinentalrandes . . . In früheren Erdperioden kann der Übergang vom kontinentalen in das ozeanische Gebiet kein so unmittelbarer, plötzlicher gewesen sein wie heute, flacher absinkende Schelfe müssen allmählich die Hochgebiete der Kontinente in die Tiefengebiete der Ozeane übergeleitet haben. Diese flach abfallenden Schelfe haben den steilen Abstürzen weichen müssen . . ., aus ozeanischen Wannen, die auf flacheren kontinentalen Buckeln ausliefen, haben sich tiefere Tröge zwischen hochragenden Blöcken entwickelt."

In seinen gegen die Verschiebungstheorie gerichteten Schriften hat *W. Soergel* (3, 4) das erwähnte wichtige Gesetz der jetzigen Verteilung der Höhen auf der Erde und der langsamen Veränderung im Laufe der geologischen Zeitalter auf andere Weise zu deuten versucht, indem er anführt, daß die Kontinente gegen die Ozeane ganz überwiegend durch Brüche und Flexuren begrenzt sind, wodurch „das Vorhandensein zweier, von dem mittleren Krustenniveau sich ungefähr gleich weit entfernender Niveaumaxima ganz selbstver-

ständlich" sei. Haben die Kontinente diese Begrenzung, so ist zwar das seltene Vorkommen des mittleren Krustenniveaus nicht verwunderlich, unerklärt bleibt aber, weshalb die beiden oberhalb und unterhalb des mittleren Krustenniveaus vorhandenen Maxima so ausgeprägt sind (vgl. Fig. 2). Unbekannt bleibt die Ursache, weshalb durch die die Kontinente begrenzenden Brüche der Niveauunterschied zwischen den kontinentalen und ozeanischen Erdschollen so überwiegend gerade etwa 5000 m beträgt. Dieser Erklärungsversuch vermag die Wegenersche Deutung nicht zu ersetzen. Später hat *Soergel* die folgende auf Kontraktions-[1]) und Tetraedertheorie[2]) sowie auf die aus den Versuchen von *Tammann* folgende Tatsache, daß Silikatschmelzen bei der Abkühlung zunächst eine Volumenzunahme und dann eine Volumenabnahme erfahren, gegründete Erklärung gegeben (3). Durch fortschreitende Abkühlung verfestigte sich die äußerste Schale, zunächst unter Volumenvermehrung, später aber fortschreitender Verminderung des Volumens, wodurch sie schließlich zu eng für die ganze Kugel wurde, zerriß und die einzelnen Rindenteile erneut von flüssigen Massen überflutet wurden, bis sich endlich eine ständig feste Erdkruste bildete. Bei weiterer Zunahme der Abkühlung gelangten auch die unter der Panzerdecke befindlichen Massen, schematisch als zweite Schale bezeichnet, nach vorübergehender Volumenvermehrung in den Zustand der Volumenabnahme. Die Schale wurde zu eng sowohl für die eingeschlossene Kugel wie für die auf ihr ruhende Panzerdecke. Spaltungen, Klüftungen und Zerrungen in der zweiten Schale mußten eintreten. Die erste Schicht sank nach, und zwar besonders in den Gebieten, in denen die innere Schale durch Zerrung und dadurch Verminderung der Mächtigkeit die durch Volumenverminderung bedingte Verkleinerung der Oberfläche auszugleichen suchte. Es entstanden dort Senkungsfelder, unter denen das Material der zweiten Kugelschale offenbar in geringerem Maße vorhanden ist als unter den weniger gesunkenen Teilen der äußeren Schale. Herrscht nun ein Prinzip, das wie bei der Tetraedertheorie die Lage der Kontinente und Ozeane bestimmt, so werden die Stellen, in denen die schrumpfenden Kugelschalen Zerrungen und Dehnungen erleiden, annähernd die gleichen bleiben. Es ergeben sich dann aus der Schrumpfung *Senkungsfelder*, an deren Boden die erhärteten Massen der einzelnen Kugelschalen — bis auf die erste — eine geringere als die Durchschnittsmächtigkeit besitzen, deren Boden dem Wirkungsbereich endogener Kräfte relativ nahe liegt, und dann *Hochgebiete*, an deren Aufbau sich die einzelnen Kugelschalen mit mächtigeren Massen beteiligen. Diese Hypothese setzt unbedingt die Gültigkeit der Tetraedertheorie für die ältesten Zeiten der Erde voraus, was von den Geologen entschieden abgelehnt wird (*Dacqué* [5]) sowie auch die Kontraktionstheorie, gegen welche gewichtige Einwände sich mehren (6). Die obige Erklärung kann man nicht als befriedigend bezeichnen. Die vergleichsweise ungezwungene Erklärungsmöglichkeit des wichtigen Gesetzes der Verteilung der Höhen auf der Erde sowie der Veränderung der hypsographischen Kurve im Laufe der Erdgeschichte darf demnach als gewichtige Stütze der Wegenerschen Anschauungen angesehen werden. —

Die Verschiedenheit des Materials der Tiefseeböden und Kontinente muß sich, wenn wirklich vorhanden, auch noch in anderer Weise zeigen, so insbesondere im Verhalten gegenüber den Erdbebenwellen. Mit der Verschiedenheit der Dichte muß eine solche der Elastizitätskonstanten einhergehen und es muß sich für Oberflächenwellen in ozeanischen Gebieten eine andere Geschwindigkeit ergeben wie im Gebiet der Kontinente. Diese von *A. Wegener* vermutete Erscheinung hat nun jüngst *E. Tams* tatsächlich nachgewiesen (7). *Tams* benutzte für seine Untersuchung 38 Beben, deren Oberflächenwellen an Stationen rings um den Stillen Ozean aufgezeichnet worden sind, nämlich in Honolulu, Apia, Christchurch, Wellington, Batavia, Manila, Taihoku, Zikawei, Tokio, Kobe, Osaka, Tsingtau, Sitka, Victoria, Berkeley, Tacubaya, und 20 Beben, bei denen die Geschwindigkeit der Oberflächenwellen auf dem Wege durch die eurasiatische bzw. amerikanische Kontinentalmasse untersucht wurde, benutzt wurden die Aufzeichnungen der Stationen Hamburg, Göttingen, Jena, Potsdam und Albany, Baltimore, Cheltenham, Ottawa, Tacubaya, Toronto, Washington. Das Ergebnis ist:

---

[1]) Nach der Kontraktionstheorie vermindert sich das Volumen der Erde ständig wegen der Wärmeausstrahlung in den Weltenraum, ein Vorgang, den man sich aber wegen der bei fortschreitender Abkühlung wechselnden Volumenänderungen der Silikate sehr verwickelt denken muß. Diese Kontraktion der Erde, die lange als Axiom galt, ist neuerdings angezweifelt worden, indem infolge der Eigenschaften des Radiums verhältnismäßig geringe Mengen davon genügen, die Temperatur der Erde unverändert zu erhalten. Mindestens muß aber als sehr wahrscheinlich angesehen werden, daß durch die infolge des Radiumzerfalls freiwerdende Wärme die Kontraktion der Erde so langsam fortschreitet, daß sie für die Gebirgsbildung nicht die ausschlaggebende Bedeutung hat, wie man lange Zeit annahm.

[2]) Nach der Tetraedertheorie sucht die Erde infolge der Volumenverminderung durch Abkühlung die Gestalt des Körpers anzunehmen, der bei denkbar größter Oberfläche den kleinsten Raum einnimmt, dieser ist das Tetraeder, eine dreiseitige Pyramide mit gleichen Kanten'längen. Drei Ecken und die diese verbindenden Kanten liegen rings um den Nordpol, die vierte Ecke im Südpol, von dieser strahlen drei meridionale Kanten im Abstande von 120° nach den drei im Norden liegenden Ecken aus. Die Kanten bedeuten nach der Tetraedertheorie Erhebungslinien auf der Erde, die Tetraederflächen dagegen Senken. Tatsächlich finden wir im Nordpolargebiet ein tiefes Meer, das rings von einer im wesentlichen geschlossenen Landmasse umgeben ist, am Südpol dagegen eine hohe Landmasse. Europa-Afrika, Asien-Australien, Nord- und Südamerika liegen annähernd auf den meridional verlaufenden Erhebungslinien. Im übrigen führt diese Theorie aber zu mancherlei Widersprüchen.

$v = 3{,}897$ kmsec$^{-1} \pm 0{,}028$ m F. für den pazifischen Boden,

$v = 3{,}801$ kmsec$^{-1} \pm 0{,}029$ m F. für kontinentalen Boden.

Unterschiede in dem von der Verschiebungstheorie geforderten Sinne scheinen demnach tatsächlich vorhanden zu sein.

Leider sind wir nicht durch Beobachtungen über die Beschaffenheit des die Ozeane unterlagernden Gesteins unterrichtet. Anstehendes Gestein hat man in der Flachsee wohl an einigen Stellen untersuchen können, aber es handelt sich fast ausschließlich um Funde auf dem europäischen Schelf. In einem Falle, 1898, gelang es, etwa 900 km nördlich der Azoren in etwa 3100 m Tiefe in einem Gebiet mit unruhigem Relief mit der Grundzange einige Sedimentbrocken, nämlich glasige Basaltlava, von den felsigen Gipfeln hochzubringen. Da das unruhige Relief besondere Störungen vermuten läßt, wird sich nach diesem Funde nicht verallgemeinern lassen. Über die Zusammensetzung des Felsgerüstes der ozeanischen Becken wissen wir tatsächlich nichts, und wir haben auch keine Aussicht, darüber etwas zu erfahren, da wir keine Methoden besitzen, das unter dem Sediment befindliche Gestein heraufzubekommen. Wir kennen nur in großen Zügen die Verbreitung der Sedimente, von denen natürlich insbesondere die landfernen Tiefseeablagerungen, die sog. eupelagischen Sedimente, in Betracht kommen. Ihre Verbreitung ist in folgender Tabelle angegeben (nach *Andrée* [8]).

Verbreitung der eupelagischen Sedimente in Millionen qkm und in Prozentanteilen jeweilig für den gesamten Ozean.

	Atlant. Ozean		Indischer Ozean		Stiller Ozean		Gesamtozean
	Mill. qkm	%	Mill. qkm	%	Mill. qkm	%	Mill. qkm
Globigerinenschlamm.....	48,54	53,4	37,66	53,3	42,34	26,5	128,54
Pteropodenschlamm.....	0,36	0,4	0,06	0,1	0,31	0,2	0,73
Roter Tiefseeton	13,82	15,2	11,39	16,1	75,00	47,0	100,21
Radiolarienschlamm.....	—	—	1,59	2,3	8,52	5,5	10,11
Diatomeenschlamm	4,55	5,0	12,02	17,0	9,29	5,9	25,86

Globigerinenschlamm, roter Tiefseeton und Diatomeenschlamm bedecken hiernach die weitaus größten Flächen des Bodens der Tiefsee. Abgesehen vom roten Ton setzen sich die Tiefseesedimente vorwiegend aus Resten von Lebewesen zusammen und können uns keinesfalls über das die Tiefsee unterlagernde Felsgerüst Auskunft geben. Doch möchte die Verschiebungstheorie den roten Ton als Zeugen für die „simische Natur" des Tiefseebodens betrachten. Die jetzt herrschende Ansicht über die Entstehung des Roten Tones ist nach *Andrée* die zuerst 1877 von *J. Murray* vertretene, „daß der Rote Ton als Zersetzungsprodukt von tonerdehaltigen Silikaten und Gesteinen anzusehen ist, die durch subaerische und submarine Vulkanausbrüche über den Meeresboden ausgebreitet wurden und dort unverdünnt in Erscheinung treten, wo sie durch die Reste kalkschaligen Planktons nicht mehr maskiert werden. In zweiter Linie kommt aber auch die in einer Art kolloidalen Zustandes verbreitete, feinste tonige Materie chersogener Herkunft in Betracht." *A. Wegener* tritt diesem Erklärungsversuch entgegen, indem er äußert, „wenn wirklich die ungeheuren Flächen der Tiefsee in solcher Weise mit Vulkanaschen überlagert wären, dann müßte dieser Aschenregen doch wohl größere Spuren auch auf dem Lande hinterlassen haben — —", und „wenn es bloße Ausbrüche sind, wie sie auch auf dem Festlande sich vollziehen, warum bedecken diese Produkte auf dem Tiefseeboden so ungeheure Flächen? Viel einfacher und natürlicher ist unsere Annahme, daß der Tiefseeboden grundsätzlich aus diesem Material besteht." Damit scheint jedoch das Problem noch nicht gelöst, denn wenn wirklich unter der Tiefsee simisches Gestein ansteht, woher kommt es dann, daß die oberste, der Beobachtung zugängliche Schicht eine derart feinkörnige tonige Beschaffenheit hat? Man sollte doch, wenn es sich um das anstehende simische Gesteinsmaterial handelt, festeres Gestein erwarten. Die bisherige Ansicht, daß es sich um die Ablagerung vulkanogenen Materials handelt, wird den tatsächlichen Verhältnissen mehr gerecht. Die Tatsache, daß das Material von, wie anzunehmen, relativ seltenen Eruptionen so weite Flächen bedeckt, wird verständlich, wenn man bedenkt, daß es sich um ganz außerordentlich langsame Absätze handelt, wofür die Anhäufung von kosmischen Partikeln spricht, weiter die intensive Zersetzung vulkanischer Komponenten und eine Anzahl von Neubildungen, wie Manganknollen und Phillipsiten. Zu alledem kommt die Beimengung von Resten ausgestorbener Organismen, welche trotz dieses Alters von den Sedimenten noch nicht völlig eingedeckt worden sind. Der Sedimentcharakter des Roten Tiefseetones kann nicht in Frage gestellt werden. Die uns über die Geologie des Meeresbodens bekannten Tatsachen liefern keinen Anhaltspunkt dafür, daß unter der Tiefsee sialische Gesteine fehlen.

Einen weiteren für die simische Natur der Tiefseeböden sprechenden Beweis erblickt *A. Nippoldt* im magnetischen Verhalten der Erde. Aus der Lage der magnetischen Pole zu den Rotationspolen der Erde muß geschlossen werden, daß unter den Ozeanen eisenhaltigeres Gestein liegt als unter den Kontinenten, so daß bei der anzunehmenden mit der Tiefe erfolgenden Zunahme des Eisengehaltes in der festen Erdkruste unter den Ozeanen eine tiefere Schicht der Erde zutage treten müßte. Wichtig ist weiterhin noch, daß die magnetischen Eigenschaften bei der Tempe-

ratur der Rotglut, die bereits in etwa 15 bis 20 km Tiefe anzunehmen ist, verschwinden, so daß gerade die obersten simischen Schichten unter der Tiefsee für das magnetische Verhalten der Erde maßgebend sein müßten. Doch wird man hierbei beachten müssen, daß die magnetischen Eigenschaften des Eisens zwar bei gewöhnlichem Druck bei Rotglut verschwinden, wie es aber bei den höheren Drucken, wie wir sie in den in Betracht kommenden Tiefen haben, sich verhält, weiß man nicht. Verschwinden die magnetischen Eigenschaften bei hohen Drucken erst bei höheren Temperaturen, was sehr wohl denkbar ist, so könnte das geforderte magnetische Verhalten auch bei nur dünner sialischer Decke in ozeanischen Gebieten vorhanden sein.

Weiterhin zieht *Wegener* die Schlichtheit des Tiefseebodens als Stütze dafür heran, daß dieser aus anderem Material besteht wie die Kontinente, indem die Schlichtheit für eine größere Plastizität und einen höheren Grad von Flüssigkeit der Tiefseeböden sprechen soll. Es ist nicht zu leugnen, daß der Tiefseeboden tatsächlich einheitlichere Formen hat als die Kontinentalflächen, doch wird man besonders wegen der geringen Kenntnis vom Relief des Bodens der Tiefsee heute kaum entscheiden können, ob dies nicht allein erklärt werden kann durch das Fehlen der Tätigkeit des Wassers und der übrigen die Gesteine auf den Kontinenten zerstörenden und ständig umlagernden Ursachen sowie durch eine größere Einheitlichkeit der sialischen Decke unter den Ozeanen infolge des Fehlens der Sedimentschicht und endlich den nivellierenden Einfluß der Tiefseesedimente.

Nach allem muß man diesen ersten Punkt der Wegenerschen Hypothese, daß der Boden der Tiefsee aus Material größeren spezifischen Gewichtes besteht als es die Kontinentalblöcke besitzen, als mit den herrschenden Anschauungen in Einklang bringbar bezeichnen, das doppelte Maximum in der Häufigkeit der Höhenstufen und die Veränderung der hypsographischen Kurve im Laufe der geologischen Zeiträume sprechen durchaus dafür, auch die Geschwindigkeit der Erdbebenoberflächenwellen; die übrigen betrachteten Gesichtspunkte lassen gewichtige Tatsachengruppen als vereinbar mit der Verschiebungstheorie erscheinen, bringen keine einwandfreien Beweise dafür, aber, was besonders hervorgehoben werden muß, auch keinerlei Gegenbeweise.

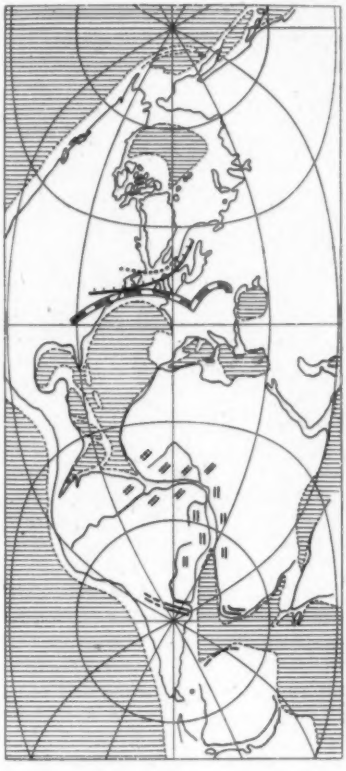
Zur Beurteilung des zweiten wichtigen Gesichtspunktes der Verschiebungstheorie, nämlich der horizontalen Verschiebbarkeit der Kontinente, ist es durchaus erforderlich, sich die räumlichen Verhältnisse zu vergegenwärtigen, nämlich daß für den Silikatmantel der Erde eine Mächtigkeit von etwa 1500 km anzunehmen ist, die darauf schwimmenden Kontinentalblöcke aber nur die vergleichsweise geringe Mächtigkeit von etwa 100 km haben, daß ferner die Verschiebungen ganz außerordentlich langsam vor sich gegangen sind. Nach den natürlich sehr unsicheren, aber doch die Größenordnung zeigenden Berechnungen von *Königsberger* sind seit Beginn des Tertiärs 15 Millionen Jahre, seit Beginn des Diluviums ½—1 Million Jahre verflossen. Trotzdem bereitet die Vorstellung von der Verschiebbarkeit der starren Kontinentalblöcke in dem gleichfalls starren Sima große Schwierigkeiten und ist von Geologen (erst jüngst von *Quiring* [9]) als unmöglich bezeichnet worden. Bedenkt man jedoch die hohen Drucke, die in größeren Tiefen herrschen, sowie die dortigen hohen Temperaturen, außerdem, daß z. B. Eis und Siegellack sowie Stahl, dessen Zähigkeit sogar achtmal größer ist als die des Silikatmantels der Erde, bei hohen Drucken nicht starr sind, sondern zu fließen beginnen, so erscheint die Verschiebbarkeit des Sials im Sima nicht durchaus unmöglich.

Wegener bringt nun eine reiche Fülle von Tatsachen, die ihm dafür sprechen, daß eine solche Verschiebung der Kontinentalmassen tatsächlich stattgefunden hat. Besonders auffallend ist der Parallelismus in großen Zügen zwischen dem Ost- und Westrande des Atlantischen Ozeans. Nach der Verschiebungstheorie haben die den Ozean im Osten und Westen begrenzenden Kontinentalmassen früher zusammengehangen, im Eocän etwa in der in Fig. 3 dargestellten Weise[1]), und hat sich die jetzige Gestalt der Kontinente durch Bewegung Amerikas nach Westen gebildet, was gleichzeitig infolge des Widerstandes, den das Sial im Sima fand, zur Auffaltung der andinen Ketten an der Westseite Amerikas führte. Hierbei hat sich Südamerika wesentlich früher von Afrika getrennt als Nordamerika von Europa. Der erste, die Trennung von Südamerika und Afrika einleitende Grabenbruch hat sich etwa in der Unterkreide gebildet, während Neufundland und Irland noch fast während der ganzen Eiszeit zusammengehangen haben. Auf der Rekonstruktion sind die Landmassen nicht ganz die gleichen wie heute. Labrador ist stark nach Nordwesten gedreht, und es wurde angenommen, daß bei der späteren Westwärtsbewegung des amerikanischen Kontinents vor dem Zerreißen eine Dehnung und Zerreißung der Erdschollen eintrat, wodurch sich Neufundland mit der Neufundlandbank unter Drehung um etwa 30° von der Kontinentalmasse loslöste und ganz Labrador zurückblieb, die vorher geradlinige Bruchlinie St. Lorenzstrom—Belle-Isle-Straße erhielt dadurch ihre jetzige S-förmige Biegung. Außerdem hat Südamerika eine Drehung um etwa 45° erfahren.

Im Gegensatz zu den früheren Veröffentlichungen nimmt *Wegener* jetzt, wahrscheinlich durch die Kritik von *Soergel* veranlaßt, an, daß die Spalte zwischen Nordamerika und Nordafrika-Pyrenäenhalbinsel sich schon sehr früh gebildet

[1]) Am besten werden für das Folgende auch noch die in Betracht kommenden Karten aus einem Atlas herangezogen.

hat. Hierfür spricht, daß das Atlasgebirge auf amerikanischer Seite keine Fortsetzung findet. Der keilförmige, 5000 m tiefe Teil des Golfes von Biscaya wird als eine Spalte betrachtet, bei deren Bildung sich Spanien um das Ostende der Pyrenäen drehte. Die Zusammenschiebung infolge dieser Drehung ist Ursache der Verbreiterung der



Algonkische Faltung.
Kaledonische Faltung.
Armorikanische Faltung.
Streichungsrichtung der Gebirge in Südamerika und Afrika.
Sima, Flächen ohne Schraffur: Sial.

Fig. 3. Lage der atlantischen Kontinentalschollen im Eocän nach *A. Wegener*.

Pyrenäen im Osten und der Ausbauchung der Küstenlinie an dieser Stelle. Daß die Nordküste von Spanien kürzer ist als der gegenüberliegende Rand der Biscayaspalte, wird auf eine vor der endgültigen Trennung stattgefundene Dehnung des nördlich gelegenen Schelfgebietes zurückgeführt, die ja für die Verlagerung von Labrador bereits herangezogen wurde und auf die auch das Versinken bis dahin landfester Teile wie der Nordsee und des Kanals zurückgeführt wird. Bei dem südlich sich anschließenden Gebiet ist die Kongruenz bis in viele Einzelheiten außerordentlich überraschend. Zwischen Südafrika und der südlichen Hälfte von Südamerika wird ebenfalls eine schon ältere Spalte angenommen. Das schmale Verbindungsstück zwischen Südamerika und der Westantarktis ist bei der Westwärtsbewegung der Kontinentalmassen stecken geblieben, das auseinandergezogene Verbindungsglied bildet jetzt den stark nach Osten gebogenen Inselkranz Feuerland, Südorkney-, Sandwichinseln und Südgeorgien. Auch die Antillen bilden eine solche nach Osten zurückgebliebene Inselkette, von der die kleineren Glieder, die kleinen Antillen, am weitesten zurückgeblieben sind, die größeren Inseln wie Kuba, Haiti, Jamaica in weit geringerem Maße. Besonderes Interesse verdient in diesem Zusammenhange der mittelatlantische Rücken, der den Atlantischen Ozean von Nord nach Süd durchzieht unter Wahrung etwa gleichen Abstandes von den Kontinenten im Osten und Westen. Dieser ist nach der Verschiebungstheorie als Sohle des zunächst entstandenen schmalen, die Bildung des Atlantik einleitenden Grabens anzusehen, die mit abgesunkenem kontinentalem Material erfüllt war. Bei der Westwärtsbewegung Amerikas dehnte sich dieses Material nicht wie die östlich und westlich zutage tretenden Simaschichten und blieb erhalten, ebenso wie Ablagerungen aus kontinentalem Material, die in den sog. Tiefseesanden mitten im Ozean gefunden wurden und eine außerordentliche Merkwürdigkeit darstellen. Da der Habitus dieser Ablagerungen durchaus auf Bildung in Ufernähe schließen läßt, leitete sie *Philippi* von submarinen Berggipfeln her. Diese Erklärung ist kaum befriedigender als die vom Standpunkte der Verschiebungstheorie. Schwierigkeiten bereitet aber für beide Erklärungsversuche im gleichen Maße, daß diese Tiefseesande nicht nur am Rande der mittelatlantischen Schwelle, sondern auch in der Kapmulde sowie im westlichen Indischen Ozean vorkommen; auch muß man erwarten, daß auf der mittelatlantischen Schwelle unter einer dünnen Decke eupelagischer Sedimente weit verbreitet kontinentales Material zu finden ist, wofür wir aber bislang keine Beweise haben.

Nicht weniger überraschend als die Parallelität des Küstenverlaufes sind die Gemeinsamkeiten in den großen Zügen des geologischen Baus östlich und westlich des Atlantischen Ozeans. Die wichtigsten sind die folgenden:

1. In Nordwestgrönland und Grinnelland deutet die Grenzlinie zwischen den Trias- und Devonbildungen auf eine Blattverschiebung zwischen beiden Gebieten, und zwar hat hierbei die Bewegung von Grinnelland eine ausgesprochene Südkomponente. Hiermit übereinstimmend deutet auf eine frühere Bewegung Nordamerikas nach Süden die Form der kalifornischen Halbinsel, die in ihrer Spitze zusammengestaucht erscheint, und

dafür, daß diese Bewegung noch heute andauert, spricht die Erdbebenspalte bei San Francisco, bei der sich nachweisen ließ, daß das östliche Gebiet gegen die westliche Randzone nach Süden verschoben ist.

2. Das algonkische Gneisgebirge der Hebriden und Nordschottlands setzt sich in Labrador fort. Der genannte Gebirgszug bildete vor der Verschiebung Amerikas eine ununterbrochene Linie.

3. Das am Ende des Silurs entstandene kaledonische Gebirge, das in Norwegen, Schottland, Wales und Irland nachgewiesen ist, hat an der von der Verschiebungstheorie geforderten Stelle eine Fortsetzung in Neufundland.

4. Die Fortsetzung des armorikanisch-variscischen Gebirgssystems findet sich auf amerikanischer Seite in den dortigen Kohlengebieten, auch in der zu fordernden Lage.

5. Die diluvialen Vereisungsgebiete Nordamerikas und Europas bildeten vor der Verschiebung ein einheitliches Gebiet, dessen Äquatorialgrenzen auf der Rekonstruktion eine ununterbrochene Linie bilden.

6. Zeigt sich beim Zusammenhang von Südamerika und Afrika in der in Fig. 3 dargestellten Weise ein auffälliger Parallelismus in der Streichungsrichtung der Gebirge am Niger und im Kamerungebiet einerseits sowie in Guyana und Brasilien andererseits.

7. Die Zwarten Berge in Südafrika mit im wesentlichen ostwestlicher Streichrichtung treffen nach Rekonstruktion auf die gleichaltrigen Sierren südlich von Buenos Aires.

Diese Tatsachen sind sehr schwerwiegender Art. Wohl könnte man daran denken, daß z. B. zur Zeit der armorikanisch-variscischen Gebirgsfaltung die Bedingungen so lagen, daß in Nordamerika ein entsprechendes Gebirgssystem entstand, obwohl es ein eigenartiger Zufall wäre, daß nach der Zurückschiebung Amerikas an Europa beide Gebirgszüge einen einheitlichen Gebirgszug bilden. Ein undenkbarer Zufall aber ist es, daß auch die übrigen einander entsprechenden Gebirge im Osten und Westen des Atlantischen Ozeans in der jetzigen großen Entfernung voneinander gerade an dem Ort und mit der Streichungsrichtung entstanden sind, daß sie nach Rekonstruktion der zusammenhängenden Kontinentalmasse vor der Entstehung des Atlantischen Ozeans einander genau fortsetzende Gebirgszüge bilden. Hier ist allerdings eine einfachere Erklärung als durch die Verschiebungstheorie nicht gut denkbar. Wir haben hier unverkennbar eine starke Stütze der Wegenerschen Anschauungen.

Nach von Geologen und Paläontologen verfochtener Ansicht hat bis zum Beginn des Tertiärs zwischen dem mit Afrika zusammenhängenden Madagaskar und Vorderindien eine Landbrücke bestanden. Die Trennung trat etwa im Eozän ein. Statt eines versunkenen Brückenkontinents „Lemuria“ nimmt die Verschiebungstheorie eine lange von Hochasien ausgehende Halbinsel von gleicher Form wie der hypothetische Brückenkontinent an, nur befindet sich jetzt Vorderindien in unmittelbarer Nachbarschaft von Madagaskar an der Spitze dieser langen Halbinsel. Parallel mit der Auffaltung des Himalaya trat langsam eine Verkürzung der lemurischen Halbinsel bis auf die heutige Größe ein. Diese gewaltige Verkürzung verträgt sich mit dem Maße der Zusammenfaltung der Erdrinde, die wir nach den jetzigen Anschauungen für ein Faltengebirge wie den Himalaya annehmen müssen. Dieser gewaltige Zusammenschub wird mit einer Menge Nebenerscheinungen in Verbindung gebracht, wie den Grabenbrüchen Ostafrikas, der Entstehung des Roten Meeres und des Jordantales, der Lage der Somalihalbinsel, dem Verlaufe der Bergketten des Hindukusch und Soleimangebirges westlich von Indien, der Bergketten von Birma im Osten Indiens und anderen.

Weiterhin endlich werden die bisher durch Annahme des Südamerika mit Afrika, Vorderindien, Australien und der Antarktis verbindenden Gondwanakontinentes erklärten Erscheinungen vom Standpunkte der Verschiebungstheorie zu deuten, und endlich ausführlich nachzuweisen gesucht, daß die von der Verschiebungstheorie geforderte Lage der Kontinente geeignet ist, mit den Polwanderungen zusammenhängende Erscheinungen in einfacher Weise zu erklären (z. B. permo-karbone Eiszeit), und daß andererseits die Änderung der Massenverteilung auf der Erde Schwankungen der Rotationsachse und damit Polwanderungen fordert.

Diese mannigfachen Bewegungen der Kontinentalschollen sind nun nicht regellos, sondern die Verschiebungstheorie bringt sie auch in ein bestimmtes System, indem die Richtung der Verschiebung in eine äquatorwärts und eine westwärts gerichtete Komponente zerlegt wird. Die erstere zeigt sich in Eurasien besonders im eurasiatischen Faltengebirgsgürtel, der sich auf dem damaligen Äquator bildete, weiterhin bei Australien, das sich nach Nordwesten bewegt, wie aus der Lage der Inseln des Sundaarchipels, aus dem jungen Gebirge von Neuguinea und dem Zurückbleiben von dem einst mit Australien verbundenen Neuseeland gefolgert wird. In Nordamerika ist die Polflucht erkennbar an der erwähnten Verschiebung von Grinnelland und Labrador gegenüber Grönland, an der Erdbebenverwerfung bei San Francisco und der Stauchung Nieder-Kaliforniens. Auch bei Madagaskar äußert sich die Polflucht, indem sich die Insel jetzt nordöstlich von der Abreißstelle an der Ostküste Afrikas befindet, wobei die östliche Komponente der Verlagerung von der westlichen Bewegung des afrikanischen Kontinentes herrührt, die zwar auch bei Madagaskar vorhanden sein wird, aber wie bei allen Inseln in geringerem Maße. Afrika und Südamerika sollen, weil heute auf dem Äquator liegend, nur geringe meridionale Verschiebungen erfahren. Dies steht allerdings im Widerspruch

zu der für die Entstehung des eurasiatischen Faltengürtels gegebenen Erklärung, in der gerade die Lage auf dem tertiären Äquator als wesentlich angeführt wurde!

Für die westwärts gerichteten Bewegungen werden hauptsächlich die folgenden Erscheinungen als Beweise angeführt. In Ostasien haben sich Randketten abgelöst, die bei der Westbewegung von Eurasien zurückgeblieben sind. Hinterindien und die Sundainseln bleiben nach Osten zurück, ebenso Ceylon im Verhältnis zu Vorderindien, weiterhin die Antillen in Mittelamerika, und zwar in verschieden starkem Maße je nach Größe, desgleichen Florida, die Südspitzen von Grönland und Südamerika.

Eine durchaus ungelöste Frage ist die allerdings wichtigste, die nach den Kräften, welche diese Verschiebungen bewirken. Als Ursache der Polflucht führt *A. Wegener* folgende demnächst ausführlich in Petermanns Geographischen Mitteilungen erscheinende Erklärung *W. Köppens* als vorläufige Mitteilung an. Der Schwerpunkt der Kontinentalschollen liegt in einer höheren Niveaufläche als der Schwerpunkt des verdrängten Simas, der als Auftriebspunkt bezeichnet wird. Die Niveauflächen sind nun um so stärker abgeplattet, je höher sie liegen, haben ihren größten Abstand am Äquator, den kleinsten am Pol, an welchen Orten sie auch parallel laufen, in mittleren Breiten sind sie aber gegeneinander geneigt. Da nun der Auftrieb senkrecht zur unteren Niveaufläche wirkt, die Schwere aber senkrecht zur oberen Niveaufläche, bilden beide Kräfte eine auf den Äquator gerichtete Resultante, die am Pol und Äquator Null, in mittleren Breiten am größten sein wird. — Die Westwanderung erklärt *Wegener* als die Ablenkung der äquatorwärts gerichteten Bewegung, wie sie auch sonst überall bei den Bewegungen auf der Erde eintritt.

Da nun derartige Ursachen alle in gleicher Breite befindlichen Teile der Kontinentalschollen in gleicher Weise betreffen würden, ergibt sich bei der Frage nach der Entstehung der atlantischen Spalte eine neue Schwierigkeit. Bei der jetzigen großen Entfernung der Kontinente voneinander müßte von Beginn der Trennung an auf lange Zeit Amerika eine wesentlich größere nach Westen gerichtete Geschwindigkeit gehabt haben als Eurasien-Afrika, was der Auffassung besonders deswegen große Schwierigkeiten bereitet, weil sich Amerika an der Stirnseite der großen Kontinentalmassen befand, also einen größeren Widerstand zu überwinden hatte als Eurasien-Afrika, für die gewissermaßen der Weg im Sima durch Amerika bereits gebahnt war. Die von *Köppen-Wegener* herangezogenen Kräfte können vielleicht mitwirkend sein, sie genügen allein jedoch nicht, die angenommenen Verschiebungen zu erklären. Die Frage nach den Ursachen der Verschiebungen muß als bislang ungelöst bezeichnet werden.

Wenn die Kontinentalverschiebungen in der Vorzeit eine derart große Rolle gespielt haben, wie es die Verschiebungstheorie lehrt, so ist ohne weiteres anzunehmen, daß diese Verschiebungen auch heute noch andauern, und diese müssen sich dann durch fortlaufende exakte Beobachtungen der geographischen Koordinaten feststellen lassen. *J. P. Koch* hat nun aus den Längenbestimmungen von *Sabine* (1823), *Börgen* und *Copeland* (1870) und *Koch* (1907) die Veränderung der Lage Grönlands untersucht und für die Verschiebung Grönlands nach Westen folgende Werte gefunden:

im Zeitraum 1823—1870: 420 m oder 9 m im Jahr,
im Zeitraum 1870—1907: 1190 m oder 32 m im Jahr.

Die mittleren Fehler der Längenbestimmungen werden wie folgt angegeben:

1823 etwa 124 m, 1870 etwa 124 m, 1907 etwa 256 m,

so daß hiernach die genannte Veränderung der Lage Grönlands als reell anzusehen wäre.

Überblicken wir das kunstvolle Gebäude der Verschiebungstheorie im Zusammenhange, so müssen wir zugeben, daß eine erstaunliche Fülle von Erscheinungen unter einem einigenden Gesichtspunkt zusammengefaßt ist. Gewiß bleibt noch so manche Frage ungelöst, aber doch kann man sich dem Eindruck nicht verschließen, daß der Theorie ein richtiger Kern innewohnt, zumal einwandfreie Gegenbeweise bislang nicht erbracht sind. Gegenüber anderen, ähnlich weite Ausblicke eröffnenden Theorien hat die Verschiebungstheorie den Vorteil, daß wir in verhältnismäßig kurzer Zeit ganz exakte Beweise für sie erwarten können, sobald in internationaler Zusammenarbeit während längerer Zeiträume durch genaue Bestimmungen der geographischen Koordinaten von Orten, die nach der Verschiebungstheorie besonders großen Bewegungen unterworfen sind, die Veränderung der Lage der Kontinente und Inseln zueinander festgestellt ist. Hoffentlich gelingt es bald, zunächst die vor dem Kriege begonnene Zusammenarbeit zwischen Europa und Nordamerika zur Untersuchung dieser Frage wieder aufzunehmen und damit eines der wichtigsten Probleme der Geophysik, Geologie und Geographie einwandfrei zu lösen.

Literatur:

1. *A. Wegener*, Die Entstehung der Kontinente, Geologische Rundschau *3*, 1912, S. 276—292, und Petermanns Geogr. Mitteil. 1912, S. 185—195, 253—256, 305—309.
   A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Sammlung Vieweg Heft 23, 1915.
2. *A. Wegener*, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Die Wissenschaft Bd. *66*, 2. gänzlich umgearbeitete Auflage mit 33 Abbildungen, Braunschweig 1920.
3. *W. Soergel*, Das Problem der Permanenz der Ozeane und Kontinente. Habilitationsvortrag, Tübingen, Stuttgart 1917; ausführliches Referat in: Annalen der Hydrographie usw. 1918, S. 332—337.
4. *W. Soergel*, Die atlantische „Spalte". Kritische Bemerkungen zu A. Wegeners Theorie von der Kon-

tinentverschiebung. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft Bd. *68*, Jahrgang 1916, S. 200 bis 239.
5. *E. Dacqué*, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie, Jena 1915.
6. *K. Andrée*, Über die Bedingungen der Gebirgsbildung, Berlin 1914.
7. *E. Tams*, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1921, S. 44—52, 75—83.
8. *K. Andrée*, Geologie des Meeresbodens, *II.* Band. Berlin 1920.
9. *H. Quiring*, Über das Problem der Krusten- und Gebirgsbildung usw. Geologische Rundschau Bd. *XI*, S. 193—234, Leipzig 1921.

Besprechungen.

Hertwig, Oscar, Allgemeine Biologie. 5. Aufl. Bearbeitet von *Oscar Hertwig* und *Günther Hertwig*. Jena, G. Fischer, 1920. XVI, 800 S. und 484 Textfiguren. Preis geh. M. 45,—; geb. M. 56,50.

Die fünfte Auflage, die *Hertwig* zusammen mit seinem Sohne bearbeitet hat, ist der vierten in einem Abstand von 8 Jahren gefolgt, ein Beweis für die Wertschätzung, deren sich das umfassende Werk bei allen Biologen erfreut. Es ist den Verfassern gelungen, seinen Umfang beizubehalten, obwohl die Ergebnisse der letzten Jahre volle Berücksichtigung gefunden haben. Dies war möglich durch Kürzen mancher theoretischen Abschnitte, für deren ausführliche Erörterung auf das inzwischen erschienene Buch *O. Hertwigs*: „Das Werden der Organismen" verwiesen wird. Manchmal erscheint mir das bedauerlich, so besonders, daß das ganze Kapitel über die Stellung der Biogenesis zu anderen Entwicklungstheorien in historischer Übersicht verschwunden ist.

Die Vergleichung zeigt, daß in allen wesentlichen Fragen die Stellungnahme gegenüber der früheren Auflage unverändert geblieben ist, dagegen im einzelnen zahlreiche Zusätze und manche Umformungen eingetreten sind. Die ersten neun Kapitel, die sich mit den physikalisch-chemischen und den Lebenseigenschaften der Zelle befassen, sind im wesentlichen unverändert geblieben. Im zehnten Kapitel finden wir bei der Wechselwirkung zwischen Kern und Protoplasma wichtige Zusätze, die Erfahrungen über die Keimbahnkörper und die Beeinflussung der Kerndiminution durch das Plasma nach den Befunden von *Boveri* und *Kahle*. Bei der Kernplasmarelation sind zugefügt die Ergebnisse der Versuche über Vermehrung und Verminderung der Chromosomenzahl durch Radiumbestrahlung, Riesenkernbildung und Pfropfung. Das elfte Kapitel enthält an Neuem besonders die Berücksichtigung der Morganschen Befunde an Drosophila, das „Crossing over" bei der Synapsis. Im zwölften Abschnitt sind bei Besprechung der Selbstbefruchtung auch die wichtigen Versuche von *Correns* über selbststerile Pflanzen verwertet. Die Ergebnisse der Versuche über Befruchtung mit artfremdem oder Radiumsperma werden jetzt völlig als Parthenogenese gedeutet. Das dreizehnte Kapitel über die Zelle als Anlage eines Organismus bietet in seinen ersten Teilen nichts Neues; die Verf. halten an der Ablehnung der physikalisch-chemischen Auffassung der Befruchtung, wie sie *Loeb* vertritt, fest, andererseits sehen sie in der Amphimixis kein Mittel zur Schaffung neuer Formen, sondern im Gegenteil den Ausgleich geringfügiger physiologischer Differenzen. Die cytologischen Grundlagen der Vererbung werden nur ganz kurz behandelt, etwas ausführlicher die experimentellen. Hier sind die Ergebnisse von *Boveri* und *Herbst* über Potenzverschiebungen bei Rieseneiern bzw. Diploidie des Eikerns neu verwertet, sowie die Darstellung der Mendelschen Regeln stark erweitert.

Im zweiten Teil des Buches sind die ersten Abschnitte über die Bildung von Zellverbänden und ihre Differenzierung sowie die äußeren Faktoren der Entwicklung kaum verändert. Bei Besprechung der inneren Faktoren ist das Kapitel über *Weismanns* Keimplasmatheorie weggefallen, doch wird seine Theorie der erbungleichen Teilung im 22. Kapitel ausführlich widerlegt. Bei der Darstellung der Regulationen werden die Spemannschen Versuche über Determination bei Tritonembryonen mehr herangezogen als früher. Unter den chemischen Korrelationen werden auch die Steinachschen Versuche über sekundäre Geschlechtscharaktere, sogar seine viel umstrittenen Ergebnisse am Menschen, angeführt, leider waren die wichtigen Arbeiten von *Goldschmidt* über Intersexualität bei Abfassung des Buches noch nicht erschienen. Bei der Behandlung der Hormonenwirkung der Schilddrüse ist mir das Fehlen der neuen Arbeiten über die Beziehung dieses Organs zur Metamorphose der Amphibien aufgefallen; an anderer Stelle sind die betr. Arbeiten kurz gestreift. Im 28. Kapitel über Vererbung neu erworbener Eigenschaften werden die Versuche über morphologische und physiologische Veränderung von Bakterien und Protozoen ausführlich besprochen, dabei aber die wichtige Frage nach der Erhaltung dieser Veränderungen bei Geschlechtsprozessen gar nicht berücksichtigt.

Eine Wertung des Gedankengehaltes des Werkes, insbesondere der Theorie der Biogenesis, hat hier wohl zu unterbleiben, da die neue Auflage hierin keine Veränderungen aufweist. Wie man sich auch dazu stellen mag, für jeden, der sich als Forscher oder Student mit allgemeiner Biologie beschäftigt, wird das Werk auch in seiner neuen Form eine ausgezeichnete Einführung und Übersicht bieten. Das von *Günther Hertwig* speziell bearbeitete Kapitel über Geschlechtsbestimmung und Sexualität fügt sich dem Stile des Ganzen vortrefflich ein. *O. Steche, Frankfurt a. M.*

Zuschriften an die Herausgeber.

Ponderable Gase und Lichtäther.

Dem Lichtäther werden bekanntlich folgende Eigenschaften zugeschrieben: Formelastizität nach Art der festen Körper, resp. die Fähigkeit zu transversalen Lichtschwingungen, ferner Imponderabilität und Erlangung eines großen Widerstandes gegenüber Körpern, die sich mit einer der Lichtgeschwindigkeit nahekommenden Geschwindigkeit in dem Äther bewegen, welcher Widerstand nach dem Lorentz-Fitz-Geraldschen Theorem unendlich groß werden würde, wenn der bewegte Körper genau mit Lichtgeschwindigkeit sich bewegen würde. Es läßt sich nun teils experimentell, teils durch Beobachtung terrestrisch-astronomischer Vorgänge nachweisen, daß *jedes gewöhnliche ponderable Gas*, wie z. B. Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlensäure usw., die analogen Erscheinungen zeigen kann.

Legt man auf eine Tischplatte etwa ½ kg Schwarzpulver oder anderenfalls dieselbe Menge Knallquecksilber oder Dynamit frei auf, so wird bei der Explosion des Schwarzpulvers die Tischplatte nicht beschädigt, im anderen Fall jedoch in kleine Splitter

zertrümmert. Die Ursache dieses so verschiedenen Verhaltens von Schwarzpulver und brisanten Sprengstoffen ist in der bedeutend größeren Geschwindigkeit zu erblicken, mit welcher sich die Explosionsgase der Sprengstoffe in der Luft ausbreiten. Ist die Geschwindigkeit der Explosionsgase groß genug, so können die umgebenden Luftmoleküle — infolge ihrer Trägheit — dem Stoße nicht mehr ausweichen und ballen sich zu einer starren Luftwand zusammen, welche — bei Explosion größerer Sprengstoffmengen momentan einen geradezu enorm großen Widerstand darbietet und dadurch die Sprengwirkung frei liegender Explosivstoffe ermöglicht. Die Trägheit der Luftmoleküle allein reicht jedoch nicht aus, um eine „starre Luftwand" zu erzeugen; dies läßt sich durch Laboratoriumsversuche nachweisen. Legt man ein kleines Blatt Zeichenpapier auf einen Holzring von etwa 6 cm Durchmesser, so wird dasselbe in freier Luft durch die Explosion von 0,05 bis 0,08 g Kupferazetylen, welches in der Mitte des Zeichenpapiers angehäuft wurde, verläßlich durchlocht, während bei der Verpuffung einer gleichen oder selbst der doppelten und dreifachen Menge Schwarzpulvers das Zeichenpapier *nicht* durchlocht wird.

Wiederholt man genau den gleichen Versuch unter dem Rezipienten einer Luftpumpe, so zeigt sich, daß bei einer Verdünnung der Luft auf 50 bis 40 mm Quecksilbersäule das Kartenpapier durch die gleiche Menge Kupferazetylen *nicht mehr* durchschlagen wird. Die Durchlochung des Papiers hängt daher nicht nur von der Geschwindigkeit ab, mit welcher sich die Explosionsgase ausbreiten, sondern auch davon, ob die Moleküle der umgebenden Luft dem Explosionsstoße mehr oder weniger leicht ausweichen können.

Bei einer zweiten Versuchsreihe wurde die Glasglocke der Luftpumpe mit Wasserstoffgas gefüllt, dessen Moleküle leichter beweglich sind als die Luftmoleküle. Die Durchlochung des Zeichenpapiers hörte dann schon bei ca. 70 mm Druck auf, hingegen in Kohlensäure erst bei 30 mm Druck. Es wurde endlich das Kupferazetylen durch einen Sprengstoff ersetzt, bei welchem sich die Explosionsgase mit einer erheblich größeren Geschwindigkeit ausbreiten als beim Schwarzpulver, aber mit einer etwas geringeren als bei Kupferazetylen. Ein solcher Sprengstoff ist der bekannte Zündsatz aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon. Die Durchlochung des Papiers hörte dann in Luft bei ca. 100 mm Druck auf.

Verhindert man die Moleküle eines Gases, seitlich einem Stoße ausweichen zu können, dann reicht schon eine relativ geringe Geschwindigkeit aus, um in dem Gase einen enorm großen Widerstand zu erzeugen. Dies zeigt sehr deutlich folgender Versuch: Verschließt man die Mündung eines Infanteriegewehres durch ein aufgekittetes dünnes Glasscheibchen und pumpt den Gewehrlauf durch ein seitlich angesetztes Rohr luftleer, dann zerschmettert die Gewehrkugel beim Abfeuern das Glasscheibchen und fliegt (bei 620 m Anfangsgeschwindigkeit) noch 3000 bis 3500 m weit durch die Luft. Wird der Gewehrlauf jedoch *nicht* ausgepumpt, so bleibt die Kugel einige Zentimeter vor dem Glasscheibchen stecken, das Glasscheibchen zerbricht *nicht*, aber der stählerne Gewehrlauf reißt auf oder baucht sich mindestens stark auf.

Eine andere, in die gleiche Kategorie gehörige Erscheinung ist folgende: Im luftleeren Raum ist die Wurfweite eines fortgeschleuderten Körpers um so größer, je größer seine Anfangsgeschwindigkeit ist. Auch im lufterfüllten Raum ist für gewöhnlich das gleiche der Fall; z. B. die Schußweite einer Kanone ist um so größer, je größer die Anfangsgeschwindigkeit des Projektiles ist. Dies gilt aber nur bis zu einer bestimmten Geschwindigkeitsgrenze, dann tritt der umgekehrte Fall ein. Wenn Meteore mit planetarischen Geschwindigkeiten von 30 000 bis 70 000 m/sec in unsere Atmosphäre eindringen, dann haben sie eine erstaunlich kurze Flugdauer und bleiben schon nach wenigen Sekunden an ihrem „Hemmungspunkte" stehen, worauf *Haidinger* zuerst aufmerksam machte. *Ed. Weiß*[1]) wies dann nach, daß dieser Geschwindigkeitsverlust um *so früher* eintritt, *je rascher* sich die Meteore bewegt haben.

Die vorerörterten Versuche und Beobachtungen lehren also deutlich, daß der Widerstand eines Gases enorm groß wird, wenn die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Körper oder die Moleküle von Explosionsgasen in dem betreffenden, ruhenden Gase bewegen, sehr groß ist, und zwar weist die Beobachtung an Meteoren darauf hin, daß es für jedes bestimmte Gas bei einem bestimmten Druck und (wie man hinzufügen kann) bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte „kritische" Geschwindigkeit geben muß, welcher gegenüber der Widerstand des Gases *unendlich groß* werden würde. *Das ist aber genau dieselbe Erscheinung, welche H. A. Lorentz für den Lichtäther abgeleitet hat*, dessen kritische Geschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit ist.

Eine weitere Analogie zwischen Lichtäther und ponderablen Gasen ergibt sich aus folgendem: Wenn sich ein Körper an der Grenze unserer Atmosphäre, wo er keinen Luftwiderstand mehr findet, mit der Endgeschwindigkeit des freien Falles (11 183 m) nach aufwärts bewegt, so entfernt er sich bekanntlich für immer aus dem Gravitationsbereich unserer Erde. Dasselbe gilt für einzelne Gasmoleküle, welche sich mit dieser Geschwindigkeit bewegen. Ein Gas, dessen Moleküle bei einer bestimmten Temperatur eine mittlere, thermische Geschwindigkeit besitzen, welche gleich der Endgeschwindigkeit des freien Falles ist, entfernt sich daher dauernd von einem Weltkörper und übt keinen Atmosphärendruck aus. Die Formel $\sqrt{Dg} = 2609 \sqrt{\frac{T}{m\,273}}$, worin D der Durchmesser eines Weltkörpers, g dessen Accelerationskonstante, m das Molekulargewicht bedeuten, bezeichnet daher jene Grenzbedingung, unter welcher ein ponderables Gas für einen bestimmten Weltkörper *imponderabel* erscheint.

Für den Mond wäre demnach das Wasserstoffgas bei einer Oberflächentemperatur von 139° C *imponderabel*; für unsere Erde wäre bei —150° C ein Gas dann imponderabel, wenn seine Atome 83mal leichter sein würden wie die Wasserstoffatome.

Eine dritte Analogie zwischen Lichtäther und ponderablen Gasen ergibt sich aus folgendem Versuch: Bringt man bei dunkler Nacht zwei freihängende Dynamitpatronen à etwa 200 g in einem Abstand von 1 m gleichzeitig zur Explosion, so emittiert die zwischen den beiden Patronen zu einer „starren Wand" zusammengepreßte Luft ein intensives *kontinuierliches* Spektrum, also ein solches Spektrum, wie es glühende *feste* Körper aussenden. Wer vermuten

[1]) *Littrow-Weiß*, 8. Auflage, Berlin 1897, S. 601.

würde, dieses kontinuierliche Spektrum rühre von glühenden festen Staub- und Kohleteilchen her, könnte sich von dem Gegenteile überzeugen, wenn er einen Versuch in vollkommen staubfreier Luft mit Jodstickstoff oder Chlorstickstoff ausführen würde. Wenn nun die Aussendung eines *kontinuierlichen* Spektrums als Beweis für das Vorhandensein transversal schwingender, mit Formelastizität begabter Teilchen angesehen wird, so muß zugegeben werden, *daß eine explosive „starre Gaswand" geradeso die Formelastizität eines festen Körpers vortäuscht wie der Lichtäther.*

Die Schlußfolgerungen aus den vorstehend erörterten Versuchen und Beobachtungen können wie folgt zusammengefaßt werden.

1. Die sog. Lorentz-Kontraktion gilt nicht nur für den Lichtäther, sondern auch für jedes beliebige, ponderable Gas; für letztere aber mit dem Beifügen, daß die zur Erreichung eines unendlich großen Widerstandes erforderliche „kritische Geschwindigkeit" um so geringer ausfällt, je größer die Dichte und je größer das Molekulargewicht des Gases ist.

2. Ein experimenteller Beweis für die Lorentz-Kontraktion im Äther ist der bekannte Versuch von *W. Kaufmann* mit solchen β-Teilchen, welche sich nahezu mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Bei dieser Auffassung des Versuches entfällt die Notwendigkeit zur Annahme einer *scheinbaren* Masse der Elektronen.

3. Betrachtet man nach Maßgabe der vorstehend erörterten Analogien zwischen ponderablen Gasen und Lichtäther den letzteren ebenfalls als ein ponderables Gas, dann erscheint — wie ich an anderer Stelle[1]) darlege — das negative Resultat des Michelsonschen Versuches ganz selbstverständlich und naturnotwendig und bedarf zu seiner Erklärung weder der Lorentz-Kontraktion, noch sonst irgendeiner weithergeholten Begründung.

Treibach-Althofen, im März 1921.

Dr. *Friedrich Wächter.*

Die Zweiphasentheorie des kritischen Zustandes.

In Heft 3 dieses Jahrgangs (S. 52) findet sich ein längeres Referat von *Hermann Rassow* Untersuchungen über den kritischen Zustand nach einer Arbeit von *Paul Hein*, Dissert. Rostock, sowie Zeitschr. phys. Chem. Bd. *86*, S. 385. 1914. — Diese Arbeit, wie auch die erwähnten Arbeiten von *Teichner*, nach dessen Methode *Hein* arbeitete, sind in meinem Laboratorium unter meiner Leitung ausgeführt worden. Der Einsender des Referats erwähnt aber meinen Namen nur in einem kurzen Schlußsatze: „*Hein* glaubt, in diesen Ergebnissen eine Stütze der Traubeschen Zweiphasentheorie erblicken zu müssen"; was man unter dieser Zweiphasentheorie versteht, erwähnt der Referent nicht. Es dürfte indessen die Leser der Zeitschrift interessieren, einiges über diese Zweiphasentheorie (vgl. *Traube*, Verhandl. der Deutsch. Physik. Gesellschaft Bd. *15*, S. 1219, 1913) zu erfahren.

Nach dieser Theorie wird angenommen, daß in der Nähe der kritischen Temperatur sowohl oberhalb wie unterhalb derselben zwei Molekülarten vorhanden sind: Fluidonen und Gasonen, und daß die kritische Temperatur als diejenige Temperatur zu deuten ist, bei welcher zwei Phasen: eine Lösung von Gasonen in Fluidonen und von Fluidonen in Gasonen in jedem Verhältnis miteinander mischbar werden. Die zahlreichen Anomalien der Dichte und anderer Eigenschaften, welche von Seiten verschiedener Forscher (*Hein*, *Bradley*, *Brown* und *Hale* u. a. Phys. Rev. Bd. *19*, 259, 1904; Bd. *26*, S. 470, 1908 und Bd. *27*, 90, 1908) bei reinsten Stoffen noch etliche Grade oberhalb der kritischen Temperatur beobachtet wurden, finden durch diese Theorie eine einfache Deutung.

In bezug auf das Wesen der Gasonen und Fluidonen sind zwei Hypothesen möglich:

1. Es ist bekannt, daß zum mindesten bei mehratomigen Molekülen bei der Vergasung eine erhebliche Vergrößerung des Volumens der Einzelmoleküle, der Größe *b* von *van der Waals* statthat. Das Gason wäre hiernach ein räumlich größeres Einzelmolekül als das Fluidon. Quantentheoretisch wäre diese räumliche Verschiedenheit der Moleküle ja sehr wohl verständlich; vielleicht gibt das Studium der kritischen Erscheinungen beim reinen Argon die Möglichkeit, über die Brauchbarkeit dieser Hypothese zu entscheiden.
2. Die Dichteanomalien treten auf bei den assoziierten wie nichtassoziierten Flüssigkeiten. Es scheint indessen, daß kein prinzipieller Unterschied zwischen assoziierten und nichtassoziierten Flüssigkeiten besteht, denn die Assoziationsfaktoren gehen, wie von mir und später von *Walden* festgestellt wurde, den Binnendrucken parallel. Eine Flüssigkeit wie Äthyläther kann daher sehr wohl auch aus Molekülkomplexen bestehen, nur werden bei dieser Flüssigkeit die Einzelmoleküle durch weit schwächere Anziehungskräfte zusammengehalten als etwa beim Wasser.

Man kann daher die Verschiedenheit von Gasonen und Fluidonen auch auf verschiedene Molekülaggregate im gasförmigen und flüssigen Zustande zurückführen und diese Annahme würde am besten mit der dynamischen Hypothese von *Smoluchowski* übereinstimmen, welcher (Ann. der Phys. (4), *21*. Bd. S. 756, 1906; Bd. *25*, 265, 1908 und Bd. *26*, 57, 1908) von kinetischen Betrachtungen ausgehend, die Nebel auf Bildung vorübergehender diffuser Anhäufungen von Molekülen zurückführt. Daß diese Anhäufungen allerdings eine recht erhebliche Stabilität besitzen, zeigten Untersuchungen von *Lepkowski* (Zeitschr. phys. Chemie Bd. *75*, S. 608, 1910), welcher mit dem Cardioidultramikroskop beobachtet hatte, „daß, wenn ein größerer Tropfen (Nebeltropfen) bei der Erwärmung schon verschwunden war und ebenso das Flimmern nicht mehr zu sehen war, derselbe unter vorhergehendem Flimmern bei der Abkühlung genau auf demselben Platze wieder auftrat und sogar mit denselben Konturen wie früher". Auch von *Hein* sowie *Bradley*, *Brown* und *Hale* wurde festgestellt, daß die nebelbildende Materie nach dem Verschwinden des Nebels unsichtbar fortbesteht.

Während die Gesamtheit der von *Hein* und anderen beobachteten Erscheinungen sich *ausnahmslos* vom Standpunkte der Zweiphasentheorie leicht erklärt, bietet die Einphasentheorie dem Verständnis mancher Beobachtung erhebliche Schwierigkeiten.

Es gelang beispielsweise *Hein*, mit reinster Kohlensäure, welche weniger als $^1/_{40\,000}$ Unreinheiten enthielt, in Rohren, deren Inhalt so verschiedene Dichten zeigte wie 0,341 und 0,589, die kritischen Erscheinungen unter Anwendung der beschriebenen Glaskügelchenmethode zu beobachten, während bekanntlich nach der klassischen Theorie diese Erscheinungen nur bei einer einzigen ganz bestimmten Größe der Füllung zu beobachten sein dürften. Mit reinster schwefliger Säure gelang es sogar, durch die ungleiche Verteilung der

[1]) Zeitschr. Sirius 1921.

Glaskügelchen in verschiedenen Höhen nach vorherigem Ausgleich der Dichten eine Differenzierung der Dichte anzuzeigen, welche darauf hindeutet, daß bereits oberhalb der Temperatur, bei welcher der Meniskus wieder erscheint, zwei Molekülarten, obwohl unsichtbar, nebeneinander bestehen müssen.

Bekennt man sich zu der hier bevorzugten Auffassung und definiert die kritische Temperatur als diejenige Temperatur, bei welcher sich zwei Phasen in jedem Verhältnis miteinander mischen, so folgt, daß man zu genauen Bestimmungen der kritischen Temperatur sich eines elektromagnetischen Rührers bedienen muß. Da dies bisher nicht geschah, so sind die kritischen Temperaturangaben im allgemeinen mit einem kleinen Fehler behaftet.

Besonders bemerkenswert bei *Heins* Beobachtungen war noch die Feststellung, daß bei Anwendung eines elektromagnetischen Rührers die Glaskügelchen, wenn sie von dem Eisenstück gestoßen wurden, emporschnellten, um sich ebenso schnell — mehrere cm weit — wieder an den ursprünglichen Platz zurückzubewegen. Das verdichtete Gas verhält sich wie eine hochgradig elastische Kautschukmasse, eine Feststellung, welche nach verschiedenen Richtungen Interesse beansprucht (vgl. *Traube*, Verhandl. der Deutsch. Physik. Gesellschaft *15*, S. 1228, 1913). *J. Traube.*

Für Darwin. Ein Wort zu O. Hertwigs „Werden der Organismen". (Aus Anlaß der zweiten Auflage.)

Ch. Darwins Lebenswerk und Persönlichkeit haben durch den Berliner Anatomen und Zellenforscher *Oskar Hertwig* in einem Buche, das sich nicht nur an Biologen, sondern an alle Gebildeten wendet, eine überaus geringschätzige Beurteilung erfahren. *Unklarheit und außerordentliche logische Schwäche, Unwissenschaftlichkeit und Oberflächlichkeit* sind Worte, mit denen *Hertwig* meint, dem Manne gerecht zu werden, dem die Biologie, wie auch der Fernerstehende bisher glauben durfte, mehr zu verdanken hat als irgendeinem anderen. Unerwarteterweise hat sich nun die Kritik fast durchweg auf die Seite von *Darwins* Gegner gestellt, und es war wohl eine Wirkung dieser von Fachmännern ausgehenden Urteile, daß schon nach kürzester Frist jenes Werk in zweiter Auflage erscheinen konnte. *Auch in den „Naturwissenschaften" hat die erste Auflage eine Bewertung gefunden, die nach meinem Dafürhalten nicht unwidersprochen bleiben darf,* zumal die meisten Leser dieser unserer Zeitschrift kaum in der Lage sein werden, sich auch anderweitig zu unterrichten.

Seitdem das Kampfgetümmel um die Abstammungslehre zur Ruhe gekommen ist, geht es nur noch um *Darwins* Erklärungsversuch, die Selektionstheorie. Nun muß zugestanden werden, daß diese mit Schwierigkeiten umgeben ist — eben denen, die *Darwin* selbst schon mit großer Gewissenhaftigkeit hervorgehoben hat — und daß zu ihrer sicheren Anwendung auf konkrete Fälle oft genug die Voraussetzungen fehlen. Aber nicht um diese Dinge, und überhaupt nicht so sehr um Einzelheiten, handelt es sich für *Darwins* Gegner. Vielmehr glauben diese, zu einer radikalen oder nahezu radikalen Ablehnung Grund zu haben. Entsprechend stehen für sie logische Argumente und solche der allgemeinen Wissenschaftslehre im Vordergrund. Alles kommt dann auf die Beschaffenheit dieser Argumente an: Man wird zum Beispiel fragen dürfen, wie es dann um die Logik der Kritiker steht.

Zunächst wird übersehen oder nicht recht gewürdigt, daß das Dasein einer Selektion eine Folgerung aus der Abstammungslehre und anderen tatsächlichen Feststellungen ist, *die von niemandem bezweifelt werden.* Einer Selektion, deren Wirkungsweise, Grad und Grenzen zwar noch vielfach der genaueren Untersuchung bedürfen, deren Ergebnis aber ganz gewiß auch nicht annähernd Null sein kann.

Doch schwerer als dieser Mangel an Folgerichtigkeit wiegt anderes. Schon bald nach Erscheinen des Ursprungs der Arten hat es Mißverständnisse gegeben, über deren Entstehung man sich nicht wundern darf bei der Verwickelung des vielseitigen Stoffs und der Leidenschaft, mit der der Kampf geführt wurde. Diese Mißverständnisse nun behaupten sich bis auf den heutigen Tag mit solcher Zähigkeit, daß es unmöglich wird, bei gewissen Schriftstellern ernsthaftes Bemühen vorauszusetzen. *Darwin* hat ja das alles noch erlebt, und auf manchen wenig überlegten Einwurf hat er mit einer Sachlichkeit geantwortet, die einen jeden der Belehrung hätte zugänglich machen sollen. Indessen erscheinen in der antidarwinistischen Literatur nicht nur dieselben Entstellungen immer wieder, sondern *sie werden, ganz unverantwortlicherweise, so vorgetragen, als ob es nie eine Berichtigung gegeben hätte.* Die Gegner haben sich überhaupt um *Darwins* Werke und um das darin zusammengebrachte reiche Tatsachenmaterial wie auch um das, was die Folgezeit noch hinzugetragen hatte, je länger je weniger gekümmert. Wie schon gesagt, hat man sich mehr in allgemeinen Wendungen ergangen, wie es ja kaum anders möglich war, wenn man schon einmal die Angelegenheit vor das Forum eines Laienpublikums bringen wollte. Auch hat man häufig statt aus den Originalschriften lieber aus abgeleiteten Quellen geschöpft. Und das ist noch nicht einmal das Schlimmste. Es läßt sich im einzelnen verfolgen, wie eine Kritik sich auf der anderen aufbaut, wie immer neue und immer bedenklichere Mißdeutungen hinzugetan werden, bis schließlich ein förmlicher Popanz entsteht, der vor den Augen eines schaulustigen Publikums mit leichter Mühe zerfledert werden kann. Gewiß läßt sich manches entschuldigen, da es in den Schriften von *Darwins* minder vorsichtiger Gefolgschaft an allerlei Entgleisungen ebenfalls nicht gefehlt hat. Aber mit der *Vorzeigung einer Karikatur* an Stelle der Selektionstheorie ist denn doch bei weitem die Grenze dessen überschritten, was noch eine milde Beurteilung zuläßt. Die Originalschriften sind ja jedem zugänglich. Wenn einer andere angreifen will, so soll er ihre Ansichten zuerst einmal gründlich kennen lernen und zu verstehen suchen, und dann soll er auf deren getreue Wiedergabe die Sorgfalt verwenden, *die allein mit unbedingter Wahrheitsliebe und mit Achtung vor den Rechten der fremden Persönlichkeit vereinbar ist.*

Die augenblicklich letzte Phase des geschilderten Vorgangs haben wir in dem Buch von *O. Hertwig* vor uns. Nicht in einem einzigen Falle hat *H.* für seine Behauptungen einen stichhaltigen Beweis erbracht. Gerade die Angaben, auf die er seine abfälligsten Urteile gründet, stehen mit *Darwins* unzweideutigen Worten in diametralem Widerspruch. Ebenso werden von *Hertwig* die Ansichten eines anderen hochverdienten Forschers, *A. Weismann*, entstellt. *H.* behauptet sogar, „die Darwinisten" ließen jede Art, Gattung usw. von einem einzigen Paar abstammen, wie es die mosaische Schöpfungsgeschichte tut! Zu diesen und anderen sachlichen Entgleisungen kommt noch eine sehr befremdliche Taktik. Was die Gegner diskreditieren kann,

sei es auch nur in den Augen der allerunverständigsten Leser, wird wahllos vorgeführt. So wird der Begriff des Nutzens, den die Selektionstheorie braucht, den aber *Hertwig* nicht versteht, geschmacklosserweise mit dem „Handelsgeist" der Engländer in Verbindung gebracht. In einem anderen Buche desselben Verfassers, auf das verwiesen wird, heißt es gar, die Lehre *Darwins* führe zur Aufhebung der Moral und des Rechts. Ja, sie sind gefährliche Subjekte, diese Darwinisten, wo nicht gar teuflische Bösewichter! Man sollte ihnen Gelegenheit geben, hinter Schloß und Riegel ihre abscheuliche Theorie einer Revision zu unterziehen!

Daß *Hertwig* in gewissen Blättern, z. B. im Organ des Keplerbundes, für solche Verdienste reiche Anerkennung gefunden hat, läßt sich denken. Was aber soll man dazu sagen, daß *Naturforscher* gegen diese merkwürdigen Methoden des Polemisierens nichts einzuwenden finden?!

Hiermit komme ich zur bedenklichsten Seite der Sache, zum *Erfolg* eines so beschaffenen Buches. Die mildeste Auffassung ist offenbar, daß alle jene Rezensenten, die es ihren Lesern anempfehlen, ebenfalls voreingenommen sind, und daß sie außerdem das Buch höchstens ganz flüchtig gelesen haben können. Sie müssen die Bestätigung ihrer eigenen Meinung darin gefunden haben, sonst hätten sie doch wohl Verdacht schöpfen müssen. Jedenfalls haben auch sie mehr *über Darwin* als *von Darwin* gelesen. Und so haben sie denn mit geschlossenen Augen ihr Placet hingeschrieben.

Es ist überhaupt ein Elend um diese Art von populärisierender Literatur. Der Laie, dem Kenntnisse und Schulung fehlen, der häufig keine Ahnung davon hat, daß wissenschaftliche Einsichten erarbeitet sein wollen, und nichts Geringeres verlangt, als eine „Weltanschauung", auf dem Präsentierteller entgegengebracht, wird da zum Richter angerufen und von allen Seiten mit halbverdauten Tatsachen, fließenden Begriffen und dialektischen Kunststückchen bearbeitet. Was konnte in unserem Falle, wie in so manchem anderen, das große Publikum wohl tun, als denen zu glauben, die ihm allerdings als besonders kompetent und als Repräsentanten des jüngsten Fortschritts erscheinen mochten? Es überlegt sich natürlich nicht, daß zum Beispiel ein Laboratoriumsbiologe etwas anderes ist als ein *field naturalist* (unserer Sprache fehlt ein Wort für diesen Begriff). Es kommt ihm nicht in den Sinn, daß das Anstellen von Beobachtungen und die theoretische Deutung und Verknüpfung des Gefundenen sehr verschiedene Aufgaben sind, besonders wenn es sich, wie hier, um ein Ineinandergreifen einer ganzen Reihe von Disziplinen handelt. Es fällt ihm nicht ein, daß die Kenntnisse und Fähigkeiten, die im einen oder anderen Falle erforderlich sind, schwerlich regelmäßig in Personalunion stehen werden. Und noch so manches andere bedenkt dieses Publikum nicht, auf das dafür Ämter und Würden einen über die Maßen tiefen Eindruck zu machen pflegen. Es fragt auch wenig danach, wes Geistes Kinder die eigentlich sind, von denen es seine Meinungen fix und fertig bezieht. Und was andere denken mögen, die weder populäre Bücher noch Rezensionen schreiben, kann überhaupt niemand wissen, der es nicht erfahren hat.

Schon damals, als die Sache anfing, ist ein kaum wieder gut zu machender Fehler begangen worden. Hätte man wenigstens nach Erscheinen von *A. Wigands* dreibändiger Kritik des Darwinismus die drohende demagogische Gefahr erkannt und das rechte Wort gefunden, so hätte heute niemand es wagen dürfen, ein so wenig durchdachtes und dazu noch in hochfahrenden Tone geschriebenes Buch der Öffentlichkeit zu übergeben. Auch darum war es nicht ganz wohlgetan, *Wigands* Werk zu ignorieren, weil bei aller Schwäche der Argumentation sein Verfasser Achtung vor der ernsthaften Arbeit anderer und ehrliches Streben nach Objektivität keineswegs hat vermissen lassen. Aber das Verantwortlichkeitsgefühl, das bei *Wigand* noch deutlich zu erkennen war, ist so manchem seiner Nachfolger abhanden gekommen, wie es ja auch auf der anderen Seite bei vorschnell populärisierenden Schriftstellern oft genug gefehlt hat.

Daß auch jetzt wieder, wie übrigens noch öfter in der Zwischenzeit, die geschwiegen haben, die vor anderen zu reden berufen gewesen wären, ist sehr zu beklagen. Allerdings, eine unberechtigte Opposition wird schon irgendwann einmal ganz von selbst aufhören, wie ja zum Beispiel auch der Widerspruch gegen die Lehre von der Veränderlichkeit der Arten schließlich still geworden ist. Aber mittlerweile werden angehende in Urteil noch unsichere Forscher in ihrer Entwicklung geschädigt, und wichtige Probleme finden allzulange keine genügende Bearbeitung. Die Irreführung des größeren Publikums sollte man ebenfalls nicht so gleichgültig hinnehmen. Schließlich kommt für uns auch noch das Ansehen der *deutschen* Forschung in Betracht. Wir haben auch in der wissenschaftlichen Welt nicht mehr viele Freunde, ja, wir werden mit Gehässigkeit beurteilt und geradezu verleumdet. Also sollten wir sehr darauf achten, daß nicht auch noch bei anständig denkenden Forschern anderer Nationen Vorstellungen entstehen und sich festsetzen können, die zum Glück nicht der Wirklichkeit entsprechen. Daß von einer ganzen Reihe von Schriftstellern so überaus unbillig sogar ein Forscher wie *Darwin* behandelt wird, dem die Welt zu unendlichem Danke verpflichtet ist, muß für jeden wirklichen Kenner von *Darwins* Schriften etwas Empörendes haben. Aber auch in jedem anderen Falle wäre eine Kritik, die sich überhaupt vernehmen lassen wollte, *unbedingt* verpflichtet gewesen, die erhobenen Vorwürfe auf ihre Berechtigung hin zu prüfen.

Lediglich wegen der bezeichneten Begleiterscheinungen habe ich *Hertwigs* Kritik des „Darwinismus" einer Analyse unterzogen. Man findet diese in der Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre (Bd. 24, 1920, S. 33—70), und auf sie muß hier verwiesen werden. Man wird dort unter anderem den Versicherungen *O. Hertwigs* über den angeblichen Sinn der Selektionslehre Zitate aus *Darwins* Schriften gegenübergestellt finden. — Das dort Gesagte sei noch durch eine Stelle aus einem Briefe ergänzt, den ich gerade bei Abfassung des vorliegenden Aufsatzes erhalten habe:

Die Kritiker, die an *Darwins* Methode mäkeln und Widersprüche, Mangel an Logik und unwissenschaftliches Denken darin finden, vergessen, daß *Darwin* sehr ausgezeichnete Spezialarbeiten über die verschiedensten Gegenstände veröffentlicht hat, die allgemein anerkannt werden und in denen niemand etwas von solchen Fehlern zu erkennen vermocht hat. Es muß auffallen, daß derselbe Mann, der in diesen Fällen den Befähigungsnachweis voll erbracht hat, in anderen so gottverlassen darauf losschreiben konnte.

(Da der Urheber dieser Zeilen seinen mit der Maschine geschriebenen Brief versehentlich nicht unterzeichnet hat, so kann ich ihm nur auf diesem Wege

danken und ihn bitten, mir seinen Namen und seine Adresse nicht vorzuenthalten.)

Bonn, den 24. November 1920. *E. Study.*

Auf die Zuschrift zu erwidern, hat Herr *Hertwig* abgelehnt. *Die Schriftleitung.*

Astronomische Mitteilungen.

Sternparallaxen. Unter den verschiedenen Methoden, die Entfernung der Sterne bzw. deren Parallaxe (den Winkel, unter dem die halbe große Achse der Erdbahn vom Stern aus bei senkrechter Stellung zum Visionsradius erscheint) aus Beobachtungen herzuleiten, tritt die *photographische Methode* mehr und mehr in den Vordergrund. Eine Reihe neu vorliegender Arbeiten geben eine recht erhebliche Anzahl bisher unbekannter Parallaxenwerte, die sämtlich durch Ausmessungen photographischer Platten erhalten sind.

Unter den hierher gehörenden Veröffentlichungen sind hervorzuheben: die Publications of the Allegheny-Observatory of the University of Pittburgh (Volume 5); die Publications of the Leander Mc Cormick Observatory of the University of Virginia (Volume 3); die „Stellar Parallaxes determined at the Royal Observatory, Greenwich" (Monthly Notices of the R. Astronomical Society Vol. 81, Nr. 1); schließlich die Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory Nr. 158.

Es handelt sich bei der *Messung der Sternparallaxen* um ein genaues Festlegen des nur wenige Bruchteile von Bogensekunden betragenden Richtungsunterschiedes nach einem Stern von entgegengesetzten Punkten der Erdbahn aus, und es hat sich gezeigt, daß gerade die Vermessung photographischer Himmelsaufnahmen, die mit *langbrennweitigen* Fernrohren zu erhalten sind (der Refraktor des Allegheny-Observatoriums besitzt z. B. eine Brennweite von 10 m; dem großen Reflektor auf Mount Wilson wurde durch Zusatzspiegel eine Brennweite von 24½ m gegeben), eine außerordentlich scharfe Bestimmung solcher Richtungsunterschiede ermöglicht. Diese Unterschiede beziehen sich auf benachbarte schwächere Vergleichsterne, von denen wir annehmen, daß sie erheblich weiter als die Parallaxensterne selbst entfernt sind und infolgedessen ihre Richtung in einem bedeutend geringeren Betrag als diese verändern (*„Relative Parallaxen"*). Man kann die Parallaxen der Vergleichsterne selbst noch genähert in Rechnung stellen und dadurch zu *absoluten* Parallaxen gelangen, die im allgemeinen von den relativen Parallaxen nur um wenige Tausendstel einer Bogensekunde abweichen. Besondere Vorsichtsmaßregeln sind allerdings bei der Herstellung solcher Aufnahmen notwendig; vor allem müssen sie zur Vermeidung störender Einflüsse der Erdatmosphäre möglichst in der Nähe des Meridians ausgeführt werden.

Man erkennt die Bedeutung der erlangten Resultate vielleicht am besten an einem Beispiel. Wir wählen den *Doppelstern 61 Cygni*, dessen Parallaxe am häufigsten bestimmt worden ist. Zuerst seien einige ältere Werte[1]) gegeben, soweit sie heute noch in Betracht zu ziehen sind. Diese relativen Parallaxenbeträge π von 61 Cygni (W. F. = wahrscheinlicher Fehler von π) sind teils am Heliometer (Hel.) oder Meridiankreis (M. Kr.), teils durch Vermessung photographischer Platten (Phot.) erhalten. Die beigesetzte Jahreszahl gibt das Jahr des Erscheinens der betreffenden Untersuchung an. Die Werte beziehen sich auf beide Komponenten des Doppelsterns.

π	W. F.		
$+0''{,}559$	$\pm 0''{,}016$	Hel.	1863
$+0''{,}38$	$\pm 0''{,}016$	Phot.	1897
$+0''{,}21$	$\pm 0''{,}029$	M. Kr.	1896
$+0''{,}326$	$\pm 0''{,}035$	Phot.	1902
$+0''{,}284$	$\pm 0''{,}009$	Hel.	1903
$+0''{,}293$	$\pm 0''{,}007$	Phot.	1905
$+0''{,}38$	$\pm 0''{,}015$	Phot.	1905
$+0''{,}32$	$\pm 0''{,}029$	M. Kr.	1906
$+0''{,}291$	$\pm 0''{,}005$	Hel.	1907
$+0''{,}23$	$\pm 0''{,}020$	M. Kr.	1908
$+0''{,}384$	$\pm 0''{,}017$	Phot.	1910

Damit seien die neuesten, auf photographischem Weg erhaltenen relativen Parallaxen nebst den wahrscheinlichen Fehlern (u. zw. für beide Komponenten getrennt) zusammengestellt[2]).

	61^1 Cygni	61^2 Cygni
1.	$+0''{,}267 \pm 0''{,}004$	$+0''{,}277 \pm 0''{,}006$
2.	$+0''{,}301 \pm 0''{,}009$	$+0''{,}299 \pm 0''{,}021$
3.	$+0''{,}325 \pm 0''{,}011$	$+0''{,}329 \pm 0''{,}008$
4.	$+0''{,}282 \pm 0''{,}009$	$+0''{,}286 \pm 0''{,}007$
5.	$+0''{,}306 \pm 0''{,}005$	$+0''{,}308 \pm 0''{,}006$

Die benutzten Instrumente sind:

1. 40-zölliger Yerkes-Refraktor,
2. 24- „ Swarthmore-Refraktor,
3. 60- „ Mt.-Wilson-Reflektor,
4. 30- „ Allegheny-Refraktor,
5. 26- „ Mc Cormick-Refraktor.

Ihrer inneren Genauigkeit nach, dargestellt durch den wahrscheinlichen Fehler, sind die neuen photographischen Werte — und dieses Ergebnis trifft nicht nur für das gewählte Beispiel, sondern *allgemein* zu — den mittels des Heliometers erhaltenen gleichwertig, während die bisher am Meridiankreis gefundenen Parallaxen erheblich unsicherer sind. Doch weichen die einzelnen π der älteren Beobachtungsreihen weit mehr untereinander ab, als nach den wahrscheinlichen Fehlern zu erwarten wäre; ein Zeichen dafür, daß die einzelnen Beobachtungsreihen noch mit zum Teil erheblichen, unbekannten systematischen Fehlern behaftet sind.

Auch die neuen photographisch hergeleiteten Parallaxenwerte zeigen noch Abweichungen voneinander, die sich durch die wahrscheinlichen Fehler nicht erklären lassen, wenn auch die Übereinstimmung hier eine weit bessere ist. Systematische Fehler sind sicher hier ebenfalls noch vorhanden. Aber man kann doch annehmen — auch die ausführlichen Diskussionen in den verschiedenen eingangs erwähnten Veröffentlichungen ergeben dies —, daß die photographische Methode in ihrer letzten Durchbildung die geringsten systematischen Fehler aufweist. Sie ist hierin wohl selbst dem Heliometer überlegen. Dazu kommt noch, daß sie ihre Ergebnisse mit viel geringerem Aufwand an Zeit und Arbeit als dieses liefert.

Den mit dem *Meridiankreis* bisher erhaltenen Parallaxenwerten dagegen kommt nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Ein erheblicher Teil (weit mehr als bei den anderen Methoden) der gefundenen Parallaxen sind wegen der großen wahrscheinlichen Fehler lediglich als Zufallsergebnisse aufzufassen. Immerhin besteht nach Versuchen, die von *L. Courvoisier* und dem Unterzeichneten ausgeführt worden sind (Astronomische Nachrichten Bd. *204*, Nr. 4876, und Bd. *212*, Nr. 5077), be-

[1]) Nach *J. C. Kapteyn* in Publ. of the Astronom. Laboratory at Groningen Nr. 24.

[2]) Nach *S. A. Mitchell*, Publ. of Leander Mc Cormick Observatory. Vol. III.

gründete Hoffnung, daß durch Verwendung des von ersterem vorgeschlagenen *Koinzidenzverfahrens* sich die innere Genauigkeit auch der durch den Meridiankreis zu gewinnenden Parallaxen noch beträchtlich wird steigern lassen. Dies ist durchaus wünschenswert. Denn trotz der hohen Vollkommenheit, die die Methode der Parallaxenbestimmung mit Hilfe von photographischen Aufnahmen erreicht hat, ist es doch notwendig, Sternparallaxen auch auf anderem Wege zu messen. Erst die Übereinstimmung von Werten, die durch verschiedene (gleichwertige) Methoden gewonnen wurden, gibt Gewähr dafür, daß die systematischen Fehler auf die Grenze der zufälligen Beobachtungsfehler gesunken sind.

Neben diesen drei besprochenen Methoden, die Sternparallaxen trigonometrisch, d. h. durch *Messung* der Richtungsunterschiede von verschiedenen Punkten der Erdbahn aus zu ermitteln, sind in letzter Zeit andere getreten, die, von gänzlich anderen Gesichtspunkten ausgehend, die Entfernung näherungsweise festzulegen versuchen. Bei dem Problem, einen Einblick in die räumliche Verteilung der Sterne zu gewinnen, handelt es sich ja um die Herleitung einer ungeheuer großen Anzahl von Parallaxen. Wenn auch Versuche unternommen worden sind, sowohl die photographische Methode (in einer von *Kapteyn* angegebenen Modifikation) als auch den Meridiankreis (Zonenbeobachtungen von *E. Großmann* am Münchener Meridiankreis) für Massenbeobachtungen heranzuziehen, so liegt doch bei der Weitläufigkeit der beiden Verfahren eine gar nicht zu bewältigende Arbeit vor, und jeder Verzicht auf äußerste Genauigkeit macht leicht die Resultate überhaupt illusorisch. Auch die von *Kapteyn* durchgeführte Bestimmung säkularer Parallaxen (vergl. Die Naturwissenschaften, 9. Jahrg. Heft 5, S. 87, 1921) bedeutet keineswegs eine Lösung unserer Aufgabe. Wir erhalten dadurch wohl Parallaxenwerte, die für eine *große Anzahl von Sternen im Mittel* zutreffen, die aber über die Entfernung des *einzelnen* Sternes nur wenig aussagen.

Wäre dagegen die *absolute Helligkeit* (Leuchtkraft) jedes Sternes bekannt, so könnte man durch Ermittelung seiner *scheinbaren* Helligkeit an der Sphäre sofort die räumliche Entfernung herleiten. Nun zeigen nach Untersuchungen von *A. Kohlschütter* und *W. S. Adams* die Sterne verschiedener Spektralklassen gewisse Eigentümlichkeiten in der Helligkeit einzelner Spektrallinien, die einen unmittelbaren Schluß auf die absolute Helligkeit des betreffenden (einzelnen) Sternes zulassen. *W. S. Adams* und *A. H. Joy* haben neuerdings (Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory Nr. 142. Astrophysical Journal Vol. 46, S. 313) durch Vergleich der spektroskopisch bestimmten absoluten Helligkeiten mit den photometrisch hergeleiteten scheinbaren die Parallaxen (*„spektroskopische Parallaxen"*) von 500 Sternen ermittelt. Nach neueren Angaben liegen sogar bereits die spektroskopischen Parallaxenwerte von 1800 Sternen vor. Der Vergleich mit den trigonometrischen Parallaxen (die übrigens als Grundlage der Ermittelung des Zusammenhanges zwischen spektralen Eigentümlichkeiten und absoluter Helligkeit dienten) ist recht befriedigend. So ist z. B. die spektroskopische Parallaxe von 61^1 Cygni + 0″,288, von 61^2 Cygni + 0″,302. Im Mittel sind die spektroskopischen Parallaxen um + 0″,0037 größer als die trigonometrischen. Wir haben durch diese Methode, die gegenwärtig noch im Stadium der Entwickelung steht, jedenfalls die Möglichkeit, rasch brauchbare Parallaxen für eine große Zahl von einzelnen Sternen angeben zu können.

Auch ein Zusammenhang zwischen der absoluten Helligkeit eines Sternes und der Helligkeit in verschiedenen Teilen des *kontinuierlichen Spektrums* bei sonst gleichem Spektraltypus besteht möglicherweise und könnte zur Bestimmung der absoluten Helligkeiten und damit der Parallaxen führen. Doch bedürfen hier die beobachteten Erscheinungen noch weiterer Klärung (vgl. *P. Guthnick*, Physik der Fixsterne in „Kultur der Gegenwart" III, III, 3. Astronomie, S. 397 ff.). Es wäre sicher von Wert, diese Untersuchungen auf Spektralbereiche jenseits der bisher benutzten Gebiete nach rot und violett hin auszudehnen. Ob schließlich einmal der Einsteineffekt (Rotverschiebung der Spektrallinien) zu einer Möglichkeit führt, Sternparallaxen zu bestimmen[3]), ist gegenwärtig noch eine völlig offene Frage.

Eine letzte Methode, auf anderem als trigonometrischem Weg für eine gewisse Gruppe von Sternen genäherte Parallaxen herzuleiten, muß noch Erwähnung finden, weil eine vor kurzem erschienene Arbeit wichtige Ergebnisse gebracht hat (*J. Jackson* und *H. H. Furner*, The Hypothetical Parallaxes of 556 Visual Double Stars, with a determination of the Velocity and Direction of the Solar Motion. Monthly Notices of the R. Astronomical Society, Vol. 81, Nr. 1).

Für *Doppelsterne* besteht eine einfache Beziehung zwischen einzelnen Bahnelementen, der Gesamtmasse und der Parallaxe, so daß bei bekannter Bahn und Masse die Parallaxe unmittelbar herzuleiten ist[4]). Nun sind nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen die Massen der *visuellen Doppelsterne* sämtlich wenig voneinander verschieden und für jede Komponente der Sonnenmasse ähnlich. Nimmt man deshalb — wie dies *Jackson* und *Furner* getan haben — die Gesamtmasse jedes Doppelsternpaares im Durchschnitt *gleich der doppelten Sonnenmasse* an, so erhält man aus der erwähnten Beziehung Näherungswerte der Parallaxen der visuellen Doppelsterne. Für 61 Cygni ist auf diese Weise die Parallaxe + 0″,276 gefunden. Die Verfasser der genannten Arbeit haben diese Methode auch für den Fall erweitert, daß keine gerechneten Bahnbestimmungen der Doppelsterne vorliegen, wohl aber die relative Bewegung der beiden Komponenten bekannt ist. Die in beiden Fällen hergeleiteten hypothetischen Parallaxen der Doppelsterne stimmen recht gut mit den auf andere Weise gefundenen Werten überein. Sie sind im Mittel um 0″,003 kleiner als die trigonometrischen und um 0″,012 kleiner als die spektroskopischen Parallaxen. Die Ergebnisse zeigen, daß die über die Massen der visuellen Doppelsterne getroffenen Annahmen nicht allzu weit von der Wirklichkeit abweichen. *A. Kopff.*

[3]) Vgl. Die Naturwissenschaften, 7. Jahrg., 1919, S. 635.

[4]) Die Parallaxen von *einzelnen Doppelsternen* mit bekannten Bahnen lassen sich auch noch dann bestimmen, wenn es gelingt, die durch die Bahnbewegung hervorgerufenen Radialgeschwindigkeiten spektroskopisch zu ermitteln. Man kennt dann absolute Werte der letzteren und kann sie zu den entsprechenden Werten der scheinbaren Bahn an der Sphäre in Verbindung setzen. Doch beschränkt sich diese Methode auf wenige Fälle mit kurzer Umlaufszeit.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.